

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Механіко-машинобудівний інститут

Кафедра «Інтегровані технології машинобудування»

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»
В.о. завідувача кафедри
_____ О. А. Охріменко
(підпис)
“ ____ ” _____ 20__ р.

Магістерська дисертація
на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 131 Прикладна механіка
(код і назва)

на тему: Конструкторсько–технологічне забезпечення електричної
платформи «odі» для людей з інвалідністю
(комплексна магістерська дисертація)

Виконав (-ла): студент (-ка) 6 курсу, групи МІ-82мп
(шифр групи)

_____ Петелько Сава Сергійович _____
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Науковий керівник д.т.н., проф., Пасічник В.А. _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультант _____
(назва розділу) (науковий ступінь, вчене звання, , прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів
без відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2019 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»**

Інститут (факультет) Механіко-машинобудівний

Кафедра «Інтегровані технології машинобудування»

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність 131 Прикладна механіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

_____ О. А. Охріменко

(підпис)

« ____ » _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Петелько Сава Сергійович _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Конструкторсько–технологічне забезпечення електричної _____

_____ платформи «odi» для людей з інвалідністю _____

_____ (комплексна магістерська дисертація) _____

науковий керівник дисертації д.т.н., проф., Пасічник В.А. _____

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від « ____ » _____ 20__ р. № _____

2. Термін подання студентом дисертації 19 грудня 2019 р. _____

3. Об'єкт дослідження **Інженерний дизайн електричної платформи «odi» інвалідів** _____

4. Предмет дослідження параметри **Конструкції та технологія виготовлення
рульової системи для електричної платформи «odi»** _____

5. Перелік завдань, які потрібно розробити **Огляд конструкцій вже існуючих рішень;
розробка загальної концепції; розрахунок основних параметрів; оформлення
конструкторської документації; розробка технології виготовлення; стартап
проект.** _____

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу **Рульові механізми та приводи; різноманітні транспортні засоби для інвалідів; креслення** _____

7. Орієнтовний перелік публікацій **Наукові та технологічні роботи на тему проектування та розробки автомобілів** _____

8. Консультанти розділів дисертації*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

9. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Аналіз існуючих рішень	01.10.2018	
2	Розробка першої ідеї	01.01.2019	
3	Робота по вдосконаленню	07.01.2019	
4	Розрахунок головних елементів	01.06.2019	
5	Проектування	15.06.2019	
6	Розробка технології виготовлення	07.10.2019	
7	Оформлення	10.12.2019	

Студент

_____ (підпис)

_____ (ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

_____ (підпис)

_____ (ініціали, прізвище)

* Консультантом не може бути зазначено наукового керівника магістерської дисертації.

АННОТАЦІЯ

Петелько С.С. Конструкторсько–технологічне забезпечення електричної платформи «odi» (комплексна магістерська дисертація)

Дисертація на здобуття наукового ступеня магістра за спеціальністю 131 – Прикладна механіка (інженерний дизайн). Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». – Київ, 2019.

Провівши аналіз ситуації у сфері транспортних засобів для людей з обмеженими можливостями пересування було виявлено, що на даний момент, в основному, в розвинутих країнах є готові варіанти для покращення умов пересування даної групи людей, проте є питання доступності даних рішень.

При розробці роботи над проектом був розроблений дизайн транспортного засобу, проаналізовано, синтезовано та спроектовано систему рульового керування для електричної платформи, а також проведений аналіз отриманих результатів у комп'ютерній симуляції.

Ключові слова: обмежені можливості, електрична платформа, проектування, рульове управління, схема Акермана для рульового управління.

ANNOTATION

Petelko S.S. Design and technological support of the electric platform «odi» for disabled person (integrated master's dissertation)

The dissertation for obtaining a master's degree in specialty 131 – Applied Mechanics (engineering design). National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute". - Kiev, 2019.

After analyzing the situation in the field of vehicles for people with disabilities, it was found that currently, mainly in developed countries, there are ready options for improving the conditions of movement of this group of people, but there are questions about the availability of these solutions.

When designing the project, the vehicle design was developed, the steering system for the electric platform was analyzed, synthesized and designed, and the results obtained in a computer simulation were analyzed.

Keywords: limited capacity, electrical platform, design, steering, Ackerman steering scheme.

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація на тему: «Конструкторсько–технологічне забезпечення електричної платформи «odi» для людей з інвалідністю», містить 101 сторінку пояснювальної записки, рисунків – 63, таблиць – 25, використаних джерел – 26.

Актуальність теми. Одною з найбільших проблем з якою зустрічаються люди з інвалідними візками є пересування по місту. Адже вони залежать від завантаженості громадського транспорту, наявності в ньому спеціалізованого обладнання для заїзду в нього, а також різниці висоти між бровкою та підлогою транспортного засобу. Також такі люди, при пересуванні по місту залежать від своїх близьких, знайомих або сиділок. Проект «odi» дозволить збільшити автономність людей які переміщуються за допомогою інвалідного візка та свободу переміщення на великі відстані, коли вони цього хочуть, при цьому залишаючись екологічно чистим, оскільки це проект з максимально можливим використанням конструктивних рішень, матеріалів і технологій, які мають мінімальний вплив на викиди CO₂.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Магістерська дисертація виконана на кафедрі інтегрованих технологій машинобудування в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» у відповідності з тематичним планом науково-дослідних робіт Міністерства освіти і науки України.

Мета дослідження. Створити проект, який дозволить поліпшити умови переміщення людей на інвалідних візках.

Задачі дослідження:

1. Огляд конструкцій вже існуючих рішень, методів розрахунку основних параметрів.
2. Розробка загальної концепції, розрахунок параметрів, комп'ютерне моделювання системи рульового управління, оформлення конструкторської документації.
3. Розробка технологію виготовлення прототипу рульового управління та провести випробовування.
4. Розробка стартап проекту.

Об'єкт дослідження – Інженерний дизайн електричної платформи «odi» для людей з інвалідністю.

Предмет дослідження – Параметри конструкції та технологія виготовлення системи рульового керування.

Методи дослідження. Аналіз існуючих інженерних рішень, методи активізації пошуку інженерних рішень (мозковий штурм), системний аналіз та відбір кращих рішень за системою критеріїв, моделювання структури, компонентів та загального дизайну рішення в цілому та його компонентів спираючись на сучасні системи автоматизованого проектування та моделювання, а саме Autodesk Inventor.

Наукова новизна чи інноваційна ідея отриманих результатів. Суть проекту у розробці економічного, екологічного та доступного транспортного засобу, що націлений на поліпшення життя людей на інвалідних візках за рахунок збільшення їх мобільності та покращення комфорту їх пересування по місту.

Практичне значення отриманих результатів. Розробка конструкції та технології виготовлення електричної платформи «odі» для переміщення осіб з обмеженими можливостями містом з можливістю перевезення багажу.

Публікації. По темі магістерської дисертації опубліковано доповідь на науковій конференції.

Ключові слова: обмежені можливості, електрична платформа, проектування, рульове управління, схема Акермана.

ЗМІСТ

Вступ	10
1 Сучасний стан та перспективи створення електричних платформ для людей з інвалідністю	11
1.1 Дослідження в області транспортування осіб з інвалідним візком	11
1.2 Аналіз конструкцій та синтез рульової системи	21
1.3 Прогноз стартап – проекту	32
2 Концепція проекту та конструкція рульової системи	35
2.1 Опис загальної концепції рішення	35
2.2 Принципова схема та основні параметри рульової системи	38
2.3 Конструктивний розрахунок основних елементів рульової системи	43
2.4 Вибір матеріалу	55
2.5 Випробування	56
2.6 Оформлення конструкторської документації	60
3 Технологічне забезпечення та виготовлення рульової системи	64
3.1 Технологія виготовлення	64
3.2 Складання	73
4 Стартап	75
Перелік посилань	97
Додатки	102

ВСТУП

З розвитком людства та підвищенням стандартів життя людини, все більша увага приділяється соціальним вимогам до життя людей будь яких категорій. Однією з таких категорій є люди з обмеженими можливостями з інвалідним візком. Проблема якості умов самостійного переміщення таких людей піднімалась неодноразово і є досі актуальною.

Для вирішення цієї проблеми було вирішено переобладнувати вже існуючі автомобільні засоби, для можливості використання їх людьми з обмеженими можливостями, але це передбачає наявність вже існуючого транспортного засобу, та витратою коштів на його додаткове переобладнання.

Крім того необхідно враховувати, що останнім часом транспортні засоби, які мінімізують викиди шкідливих речовин у навколишнє середовище набули широкої популярності. Використання такого транспортного засобу також дозволить зменшити витрати на паливе, оскільки вони оснащені електродвигунами, що з урахуванням порівняння цін на електроенергію та інші види пального, отриманого з переробки нафти, забезпечить високу популярність у користувачів.

Для вирішення описаних проблем необхідно розробити конструкцію та технологію виготовлення електричної платформи «odi» для переміщення осіб з обмеженими можливостями містом з можливістю перевезення багажу з максимально можливим використанням конструктивних рішень, матеріалів і технологій, які мають мінімальний вплив на викиди CO₂.

Електрична платформа «odi» буде використовуватись на дорогах загального призначення де завжди наявна можливість зіткнення. Рама електричної платформи повинна забезпечувати достатній рівень безпеки користувача та відповідати вимогам безпеки на дорогах загального користування.

1. СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ СТВОРЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПЛАТФОРМ ДЛЯ ЛЮДЕЙ З ІНВАЛІДНІСТЮ

1.1 Дослідження в області транспортування осіб з інвалідним візком

Різноманіття видів транспорту для людей з обмеженими можливостями, а саме з інвалідним візком, досить широке. Умовно їх можна поділити на дві категорії, а саме ті, де людина з обмеженими можливостями водій, та ті, де вона є пасажиром. Відповідно наступний рівень групи, де людина з обмеженими можливостями є водієм, можна поділити на модернізовані рішення серійних автомобілів, чи створені конкретно під вимоги людей з обмеженими можливостями, а саме з інвалідним візком. В свою чергу розробка може бути представлена як індивідуальний одномісний автомобіль, індивідуальний електричний візок, або мотор–колеса, що приєднуються до інвалідного візка.

Сучасним представником групи модернізованих транспортних засобів, де людина є водієм, є Ford Explorer BraunAbility MXV [1], зображений на рис. 1.1.



Рисунок 1.1–Ford Explorer BraunAbility MXV [1]

Ключовими особливостями цього автомобілю є збільшені розміри салону, автоматична рампа, розсувні двері, а також пасажирські та водійське крісла, які можна знімати, що дозволяє керувати автомобілем прямо з інвалідного візка.

Наступним представником є FORD TRANSIT CONNECT [2], зображений на рис. 1.2, з відкидною задньою рампою, що дозволяє розмістити в автомобілі до шести людей, враховуючи інвалідний візок.



Рисунок 1.2–FORD TRANSIT CONNECT [2]

Також даний автомобіль включає в себе стандартну гнучку плоску рампу, які складається коли не використовується та має вантажопідйомність до 1700 кілограм.

До групи розроблених рішень відноситься інвалідний візок з електроприводом HERO STAND UP Power Wheelchair [3], в якому передбачена можливість вертикалізації, зображений на рис. 1.3.

Візок використовується для реабілітації людей з обмеженими можливостями. До особливостей також можна віднести максимальну швидкість, яку може розвивати візок, до 10 км/год, та запас ходу на 20 км.



Рисунок 1.3—Інвалідний візок з електроприводом [3]

Ще одним рішенням з можливістю вертикалізації є розробка Tek RMD (Robotic Mobilization Device) [4]. Керування платформою здійснюється за допомогою джойстиків. Також дана розробка вважається найменшим моторизованим пристроєм для людей з обмеженими можливостями. (Рис. 1.4)



Рисунок 1.4—Tek RMD [4]

Ширина Tek RMD становить всього 42 см, а висота – 75 см, що дозволить подолати вузькі ділянки, які не доступні на стандартних інвалідних крісел.

Наступним представником групи розробок є мотор–колеса, що кріпляться до інвалідного візка, перетворюючи його на скутер. Прикладом є розробка компанії Supreme Motors, привід UNA [5], зображений на рис. 1.5.



Рисунок 1.5–Мотор–колесо UNA для інвалідних візків [5]

Мотор–колесо забезпечує швидкість до 20 км/год, та дозволяє подолати відстань до 25 км на одному заряді.

Ще одним представником групи розробок є електричний самокат Huka Pendel, який є екологічно чистим рішенням мобільності для людей з інвалідними візками, зображений на рис. 1.6 [6].



Рис 1.6– Електричний скутер Huka Pendel [6]

Huka Pendel має сучасний дизайн, та оснащений трьома колесами. Він має широкий отвір ззаду для заїзду інвалідного візка. Максимальна швидкість руху – 25 км/год, а запас ходу досягає 60 км.

Представником групи індивідуальних одномісних автомобілів для інвалідів є проект Kenguru, розроблений в Угорщині, який виробляється у Техасі [7]. Дизайн та концепція цього проекту, зображені на рис. 1.7, найближче підходять під поставлені цілі.



Рисунок 1.7–Індивідуальний автомобіль Kenguru [7]

Доступ до елементів керування автомобілем забезпечено безпосередньо з інвалідного візка через задні двері. Максимальна швидкість автомобіля Kenguru близько 50 км/год. Запас ходу від одного заряду батареї до 50 км.

Цікавим є дизайн одномісного автомобілю Equal [8], представлений на площадці стартап–проектів. До реалізації проект не дійшов. Дизайн проекту зображено на рис. 1.8.



Рисунок 1.8 – Проект Equal [8]

Заплановані технічні характеристики цього автомобілю передбачають можливість автономного руху автомобіля до 100 км на швидкості до 50 км/год.

Ознайомившись з представленими прикладами різних розробок для людей з обмеженими можливостями, можна виділити наступні класифікаційні ознаки:

- Ступінь оригінальності;
- Спрямованість;
- Кількість коліс;
- Захищеність.

Ступінь оригінальності представлених виробів поділяє їх на модернізовані рішення та розроблені безпосередньо для людей з обмеженими можливостями. Спрямованість передбачає поділ за роллю людини, а саме чи є вона пасажиром чи водієм транспортного засобу. Кількість коліс виділяє фактичну кількість коліс, як наприклад у модернізованих рішень це чотири колеса, у електричних платформ їх три, а мотор-колесо передбачає конструкцію 1+2, де одне колесо є приводом руху, а два колеса – веденими колесами візка. Ознака захищеності має на увазі закритість та відкритість людини, під час руку.

Враховавши розглянуті вище приклади представників індивідуального транспорту та модифікацій для людей з обмеженими можливостями, а саме з інвалідним візком, складено узагальнюючу таблицю (Таблиця 1.1).

Таблиця 1.1 – Порівняння параметрів транспортних засобів

	Ціна (\$)	Швидкість (км/год)	Запас ходу	Рік створення
Ford Explorer BraunAbility	73 000	200	600	2015
Ford Transit	27 000	174	900	2017
HERO stand up	4 000	10	20	2014
Tek RMD	20 000	5	15	2018
Supreme Motors UNA	1 300	20	25	2018
Huka	14 000	25	60	2017
Kenguru	25 000	50	50	2014
Equal		50	100	

Для наглядного порівняння параметрів вказаних у таблиці приведений графік можливостей кожного з вищезазначених транспортів (Рис 1.9).

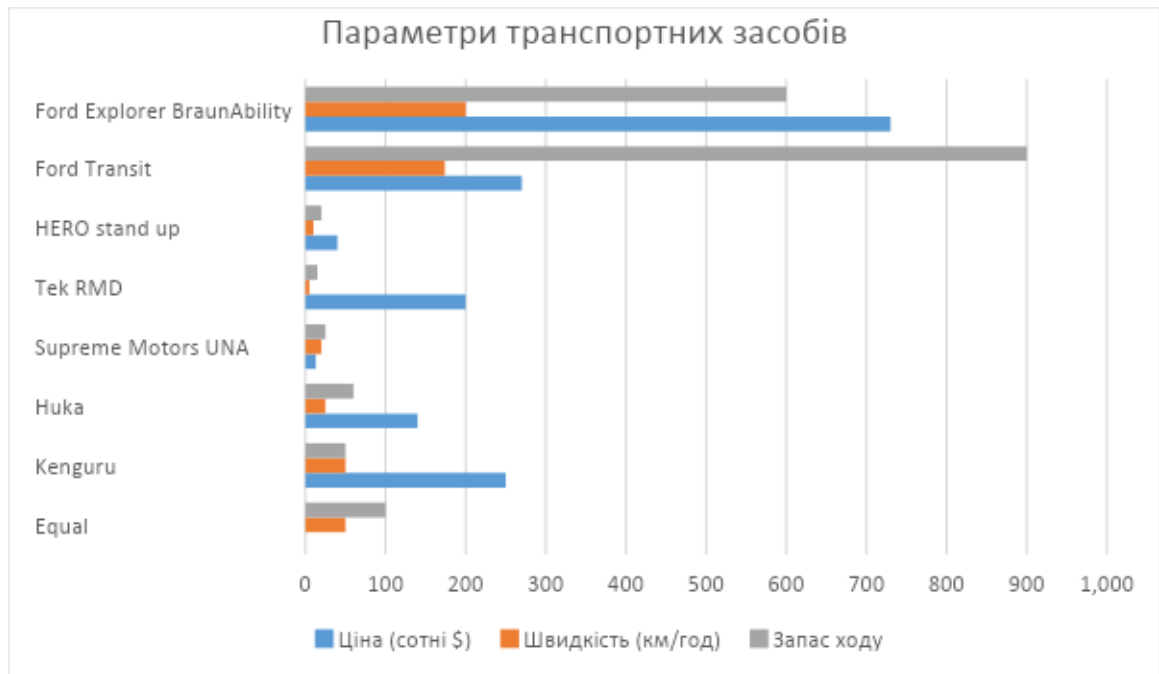


Рисунок 1.9 - Параметри транспортних засобів

Головною перевагою варіантів з модифікованими автомобілями є великий запас ходу, що дозволить користувачу подорожувати на великі відстані без дозаправки. Також цей варіант дозволяє користувачеві подорожувати з пасажирами та великою кількістю багажу. Однак головна ідея проекту – переміщення в межах міста. Для такого типу переміщення не потрібен великий запас ходу чи габаритне багажне відділення.

Головним недоліком варіантів з модифікованими автомобілями є ціна, в порівнянні з додатковими модифікаціями або альтернативними транспортними засобами вона відрізняється у 2-50 разів. Фінансова сторона проекту вимагає розробку економічно привабливого транспортного засобу для Українського ринку.

В Україні люди з обмеженими можливостями на візку отримують державну допомогу, однак в більшості випадків вони не працевлаштовані. Для розуміння фінансової ситуації людина з обмеженими можливостями, в залежності від групи інвалідності отримує весь або певний відсоток від

пенсії. Мінімальний розмір пенсії рівний прожиткового мінімуму. На грудень 2019 р прожитковий мінімум становить 1638 грн. [9]

Розподіл фінансової державної підтримки для людей з обмеженими можливостями по групах інвалідності наступний: «Величина пенсійних виплат для інвалідів 1, 2 і 3 групи визначається в відсотковому співвідношенні відповідно до норм ст. 33 ЗУ «Про загальнообов'язкове державне пенсійне страхування». Виплата пенсії здійснюється в наступному розмірі:

особам з інвалідністю I групи - 100% пенсії за віком
особам з інвалідністю II групи - 90% пенсії за віком
особам з інвалідністю III групи - 50% пенсії за віком» [10]

У фінансовому еквіваленті не працевлаштована людина з обмеженими можливостями в залежності від групи інвалідності у грудні 2019р. буде отримувати наступну фінансову підтримку (Рис. 1.10):

особам з інвалідністю I групи – 1638 грн.
особам з інвалідністю II групи - 1 474,2 грн.
особам з інвалідністю III групи – 819 грн.

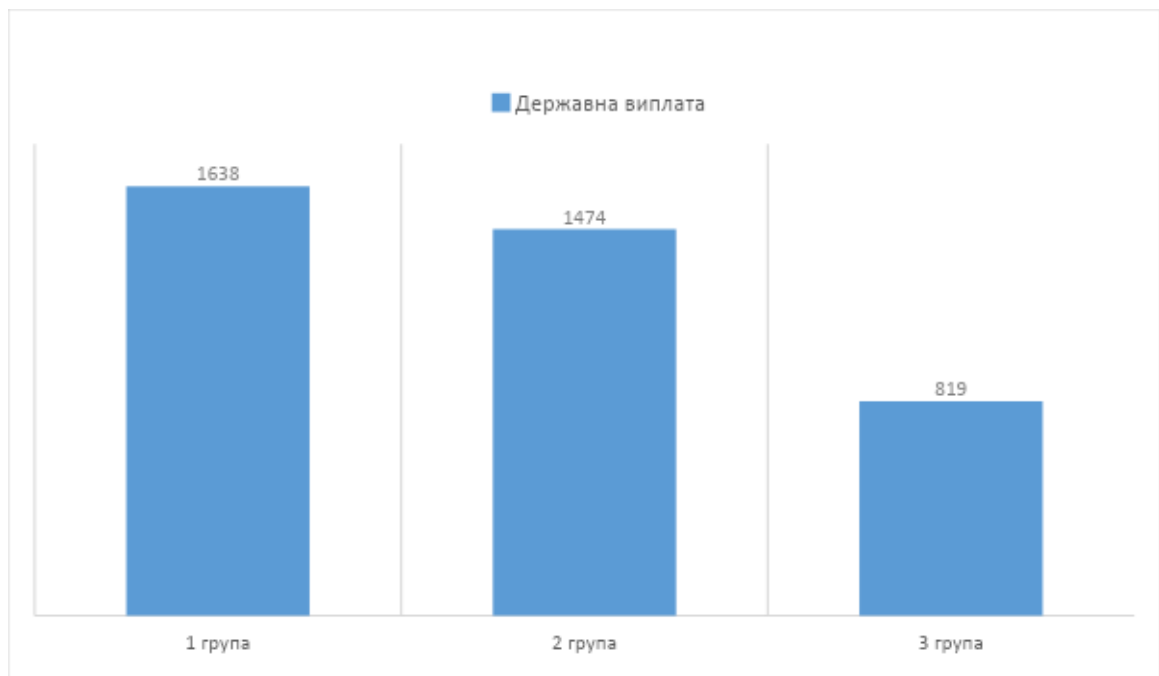


Рисунок 1.10 – Державні виплати 2019 рік

Беручи до уваги фінансову ситуацію потенційних клієнтів на ринку України по завершенню прототипу «odi» доцільним є розробка моделей економ, стандартної та повної комплектацій.

Враховуючи вимоги ринку та параметри необхідні для переміщення в межах міста за основу вирішено взяти дизайн проекту Kenguru, оскільки він найкраще підходить до поставлених задач. Також, враховуючи економічність та екологічність електродвигунів, разом з наростаючою популярністю електрокарів вирішено синтезувати на базі представлених проектів індивідуальний автомобіль для інвалідів з мотор – колесами, як основним приводом руху.

1.2 Аналіз конструкцій та синтез рульової системи

Рульові системи призначені для зміни напрямку руху транспортного засобу.

Рульові системи колісних машин діляться по наступним **основним класифікаційним ознакам [9]:**

- по способу повороту (Рис. 1.11):
 - керованими колесами;
 - керованою віссю;
 - складальними ланками;
 - бортовим поворотом (примусове обертання ведучих коліс одного борту з іншою кутовою швидкістю, аніж ведучих коліс іншого борту);
- розміщення місця водія:
 - праве - при лівосторонньому русі;
 - ліве - при правосторонньому русі.

Так, як основними, на даний момент, рульовими системами за способом повороту являються системи з керованими колесами, в них виділяють класифікацію рульових механізмів та рульових приводів.

Класифікація рульових механізмів:

- по типу передачі:
 - механічні;
 - гідравлічні (рульовий механізм або рульове керування);
- передатному числу:
 - змінне;
 - незмінне;
- зворотність (можливість передавати зусилля від сошки на рульове колесо):
 - зворотнє;
 - на межі зворотності.

Класифікація рульових приводів (рульових трапецій):

- по розміщенню:
 - передня - перед віссю;

- задня - за віссю;
- в залежності від типу підвіски:
 - цільна (при залежній підвісці);
 - розрізана (при незалежній підвісці).

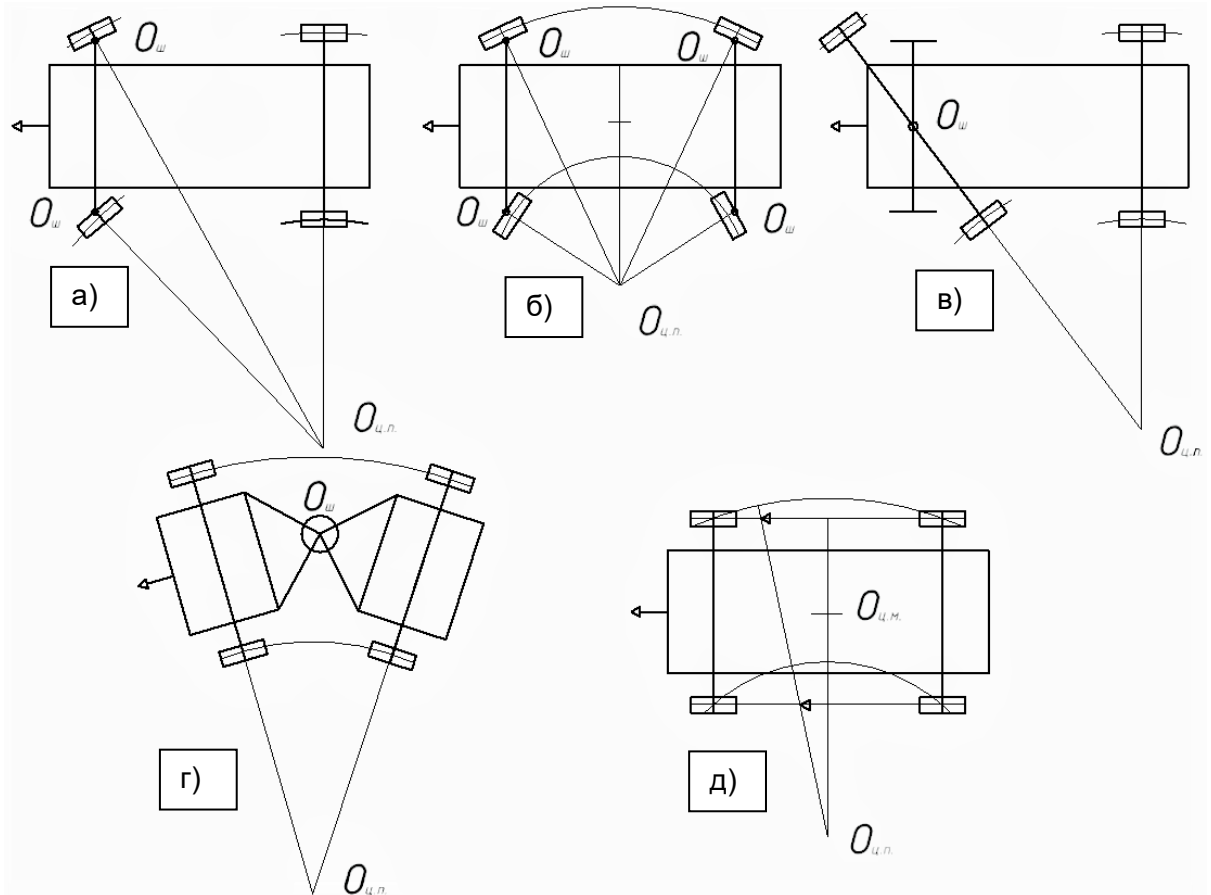


Рисунок 1.11 - Схеми типових способів повороту колісних машин:
 а,б - керовані колесами; в - керовані віссю; г - складанням ланок;
 д - бортовий поворот; $O_{ш}$ - вісь шкворня; $O_{ц.п.}$ - центр повороту;
 $O_{ц.м.}$ - центр мас.[9]

До рульових приводів пред'явлені наступні вимоги: правильне співвідношення кутів повороту коліс, відсутність автоколивань керованих коліс, а також мимовільний поворот коліс при коливанні коліс на підвісці.

Рульові приводи включають в себе рульову трапецію, важелі і тяги, які з'єднують рульовий механізм з рульовою трапецією, а також рульовий підсилювач встановлений на деяких автомобілях.

Рульова трапеція.

В залежності від компоновочних можливостей рульову трапецію розміщують перед передньою віссю (передня рульова трапеція) або за нею (задня рульова трапеція). При залежній підвісці коліс застосовують трапеції з цільною поперечною тягою; при незалежній підвісці - тільки трапеції з роздільною поперечною тягою, що необхідно для запобігання мимовільному повороту керованих коліс при коливанні автомобіля на підвісці. З цією ціллю шарніри роздільної поперечної тяги повинні розміщуватися так, щоб коливання автомобіля не викликали на них повороту відносно шкворнів. Схеми різноманітних рульових трапецій показані на Рис. 1.12 [10].

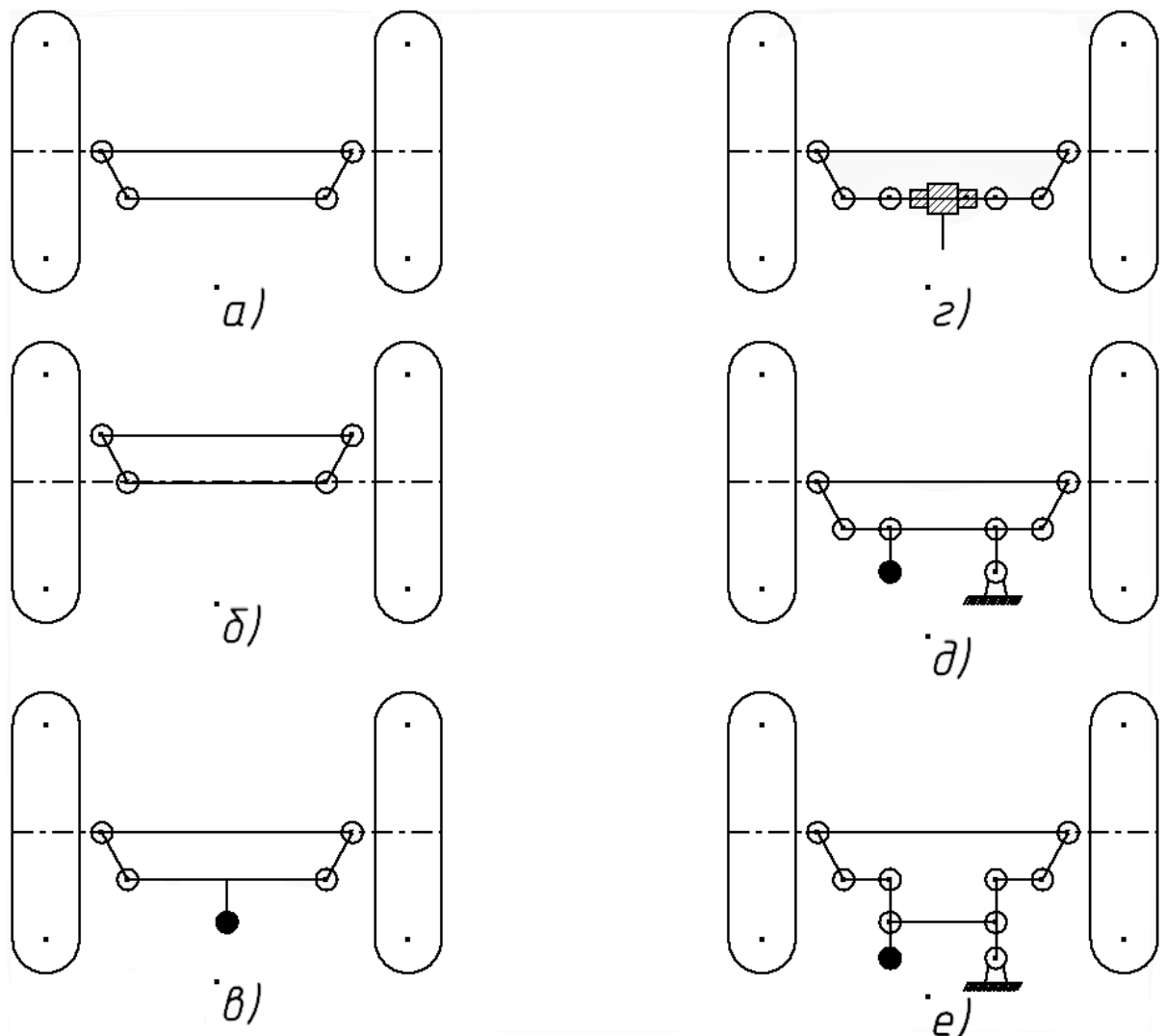


Рисунок 1.12 - Схеми рульових трапецій

При залежній і незалежній підвісках можуть бути застосовані як задня (Рис. 1.12, а), так і передня (Рис. 1.12, б) трапеції. На рис. 1.12, в - е наведені приклади задніх трапецій незалежної підвіски різним числом шарнірів [10].

Рульові механізми.

Найбільш розповсюдження отримали **наступні рульові механізми** [9]:

- черв'ячні: зазвичай черв'як - ролик (Рис 1.13), а також циліндричний черв'як - сектор та інші;

- гвинтові: гвинт - гайка, рейка - сектор, а також гвинт - гайка - кривошип та інші.
- зубчаті: зазвичай шестерня - рейка а також зубчатий редуктор.

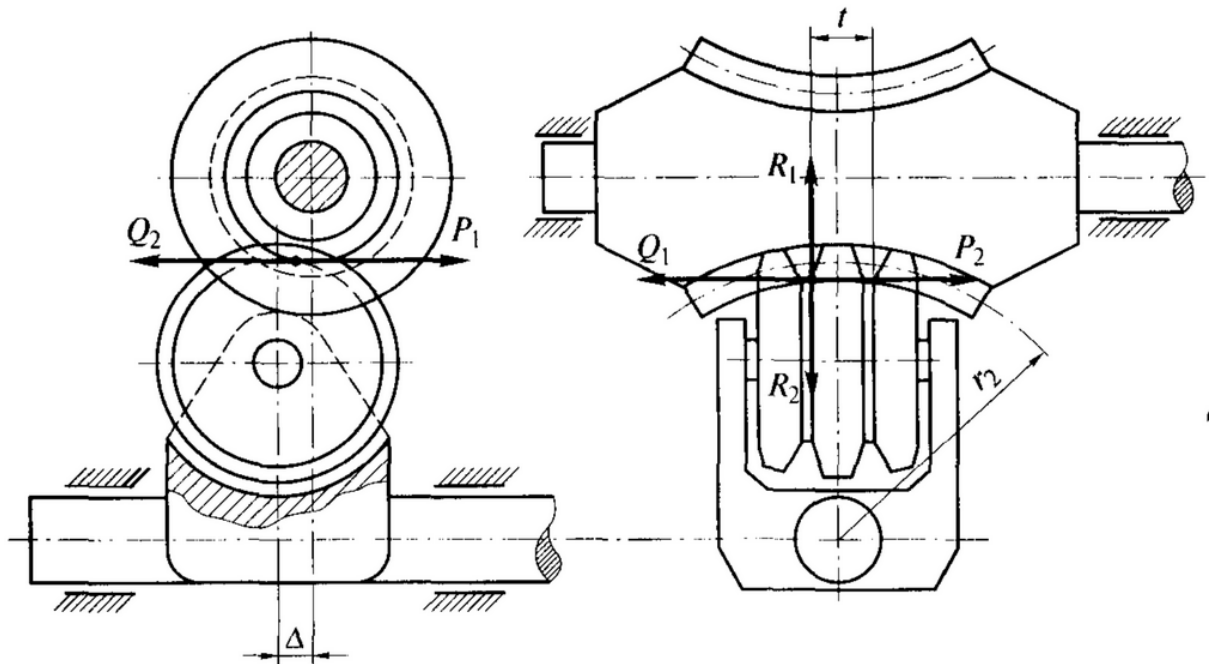


Рисунок 1.13 - Схема рульового механізму з глобоїдним черв'яком і роликом

Також треба розглянути рульові системи котрі базуються на схемі Акермана. Суть цієї схеми полягає в тому, що коли машина рухається по коловій траєкторії, передні колеса повинні повертати під різними кутами (Рис. 1.14) так, щоб вісі усіх коліс пересікалися в одній точці (Рис. 1.15).

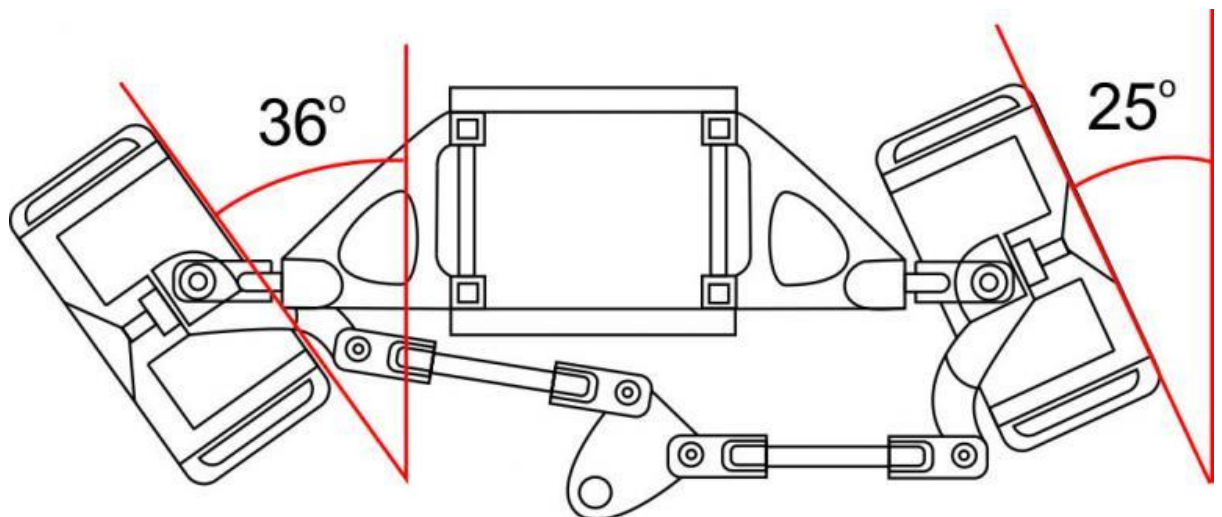


Рисунок 1.14 - Співвідношення кутів колеса при повороті в системі Акермана

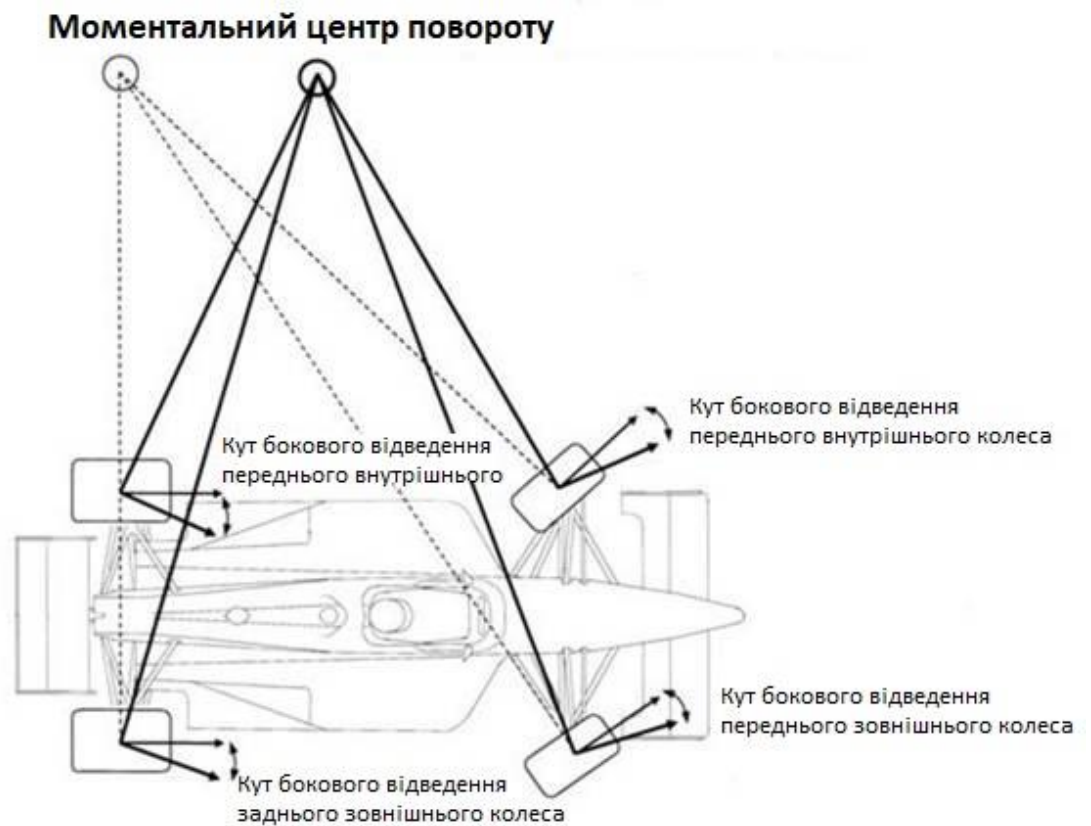


Рисунок 1.15 - Центр повороту

Принцип Акермана визначає геометрію рульового управління, яка може бути застосована для будь-яких транспортних засобів, з метою забезпечення коректного кута повороту рулевих коліс при проходженні

повороту або кривої [11].

До того, як даний принцип був розроблений, транспортні засоби того часу (з кінської тягою) були забезпечені паралельними керманичами важелями і страждали від поганих характеристик рульового управління. Рудольф Акерман відомий розробкою принципу використання похилих рульових важелів, який усуває цю проблему рульового управління в транспортних засобах.

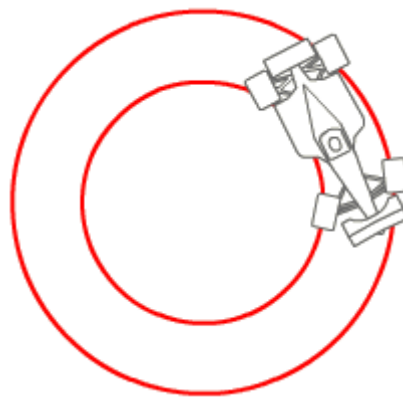


Рисунок 1.16 – Круговий рух авто

На рисунку 1.16 зображено автомобіль, що знаходиться на нескінченному повороті. Червоні лінії зображують шлях, по якому рухаються колеса. Можна помітити, що внутрішні колеса автомобіля слідує по колу меншого діаметру, ніж зовнішні колеса.

Якщо обидва колеса повернені на однакову величину, внутрішнє колесо буде скребти по дорозі (буде ковзати боком) і знижуватиме ефективність рульового управління. Це ковзання колеса, яке також створює небажаний нагрів і знос колеса, може бути усунена за допомогою повороту внутрішнього колеса на більший кут, ніж кут повороту зовнішнього колеса.

Різниця в радіусах руху внутрішнього і зовнішнього коліс по яких рухаються кожне з коліс (Рис. 1.17). Внутрішній радіус (R_i) і зовнішній

радіус (R_o) залежать від ряду факторів, включаючи ширину автомобіля і крутизну повороту, який збирається пройти автомобіль [11].

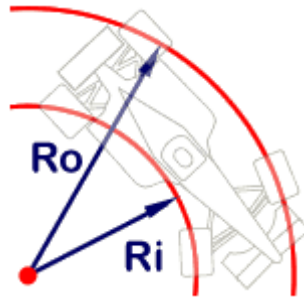


Рисунок 1.17 – Радіуси повороту керуючих коліс

Розташування обох коліс в належному напрямку руху забезпечує стабільне управління без надмірного зносу і нагріву кожного з коліс.

Очевидно, що при повороті одного з коліс більше, ніж іншого, напрямки коліс роз синхронізуються по своєму напрямку в той же час забезпечуючи прямий напрямки обох коліс, коли автомобіль не повертає. Для забезпечення цього, необхідно, щоб неузгодженість напрямків росло від нульового значення (колеса спрямовані вперед) до точки, в якій існує значна різниця в кутах між обома колесами (при максимальному повороті коліс).

Створення неузгодженості коліс досягається шляхом комбінації кута і довжини рульових важелів.

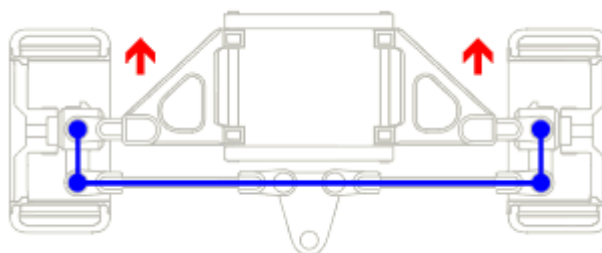


Рисунок 1.18 – Паралельний рульовий важіль

На рисунку 1.18 кермові важелі спрямовані прямо і паралельно бічним сторонам автомобіля, що створює ситуацію, в якій переміщення рульового важеля призводить до рівного кутового переміщенню коліс.

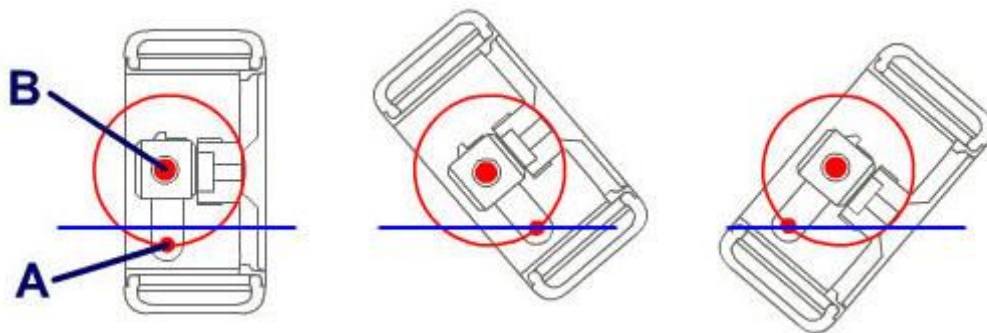


Рисунок 1.19 – Схема роботи паралельного рульового важеля

Чому відбувається рівне кутове переміщення можна побачити на рисунку 1.19, на якому зображена червона окружність для демонстрації того, як бічне переміщення рульового важеля перетворюється в круговий рух. Так як шарнір рульового важеля (А) вирівняний по вертикалі з віссю повороту колеса (В), коли колесо вказує вперед, то однакові переміщення вліво або вправо переміщують шарнір рульового важеля на однакову вертикальну дистанцію від початкового положення.

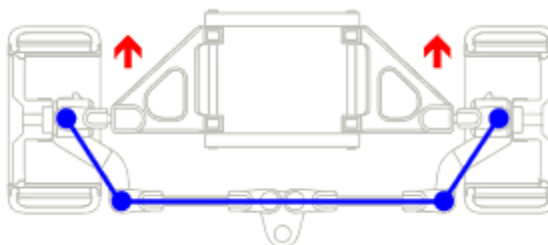


Рисунок 1.20 – Похилі рульові важелі

На рисунку 1.20 кермові важелі нахилені всередину для створення можливості різного ступеня зміни кутів повороту коліс. Це є основою

принципу Акермана і створює нерівне кутове переміщення коліс.

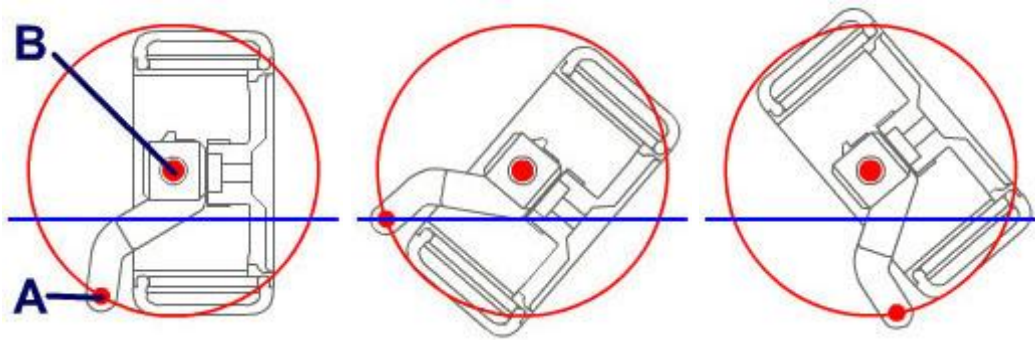


Рисунок 1.21 – Схема роботи похилого рульового важеля

Роботу нерівного кутового переміщення можна побачити на рисунку 1.21, на якому відображено відносне положення шарніра рульового важеля (А) на червоній окружності, щоб показати як шарнір рульового важеля рухається навколо осі повороту колеса (В).

Так як рульовий важіль нахилений, шарнір рульового важеля (А) не вирівняні по вертикалі з віссю повороту колеса (В), коли колесо вказує прямо вперед, і знаходиться на частині шляху по колу. Через це, правий рух рульового важеля викликає більшу переміщення шарніра рульового важеля в вертикальному напрямку, ніж це має місце при лівому переміщенні рульового важеля.

Найважливішим є те, що це нерівне кутове переміщення є експоненціальним, тобто, чим більше ви повертаєте колесо, тим більше стає кутова різниця між колесами – в іншому випадку обидва колеса ніколи не будуть вказувати прямо вперед, коли автомобіль не повертає.

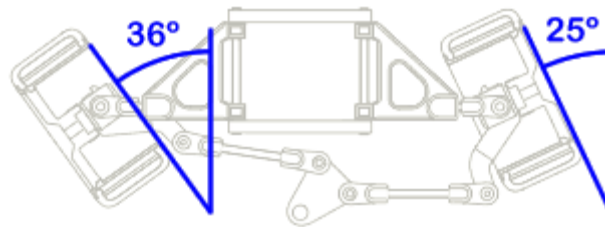


Рисунок 1.22 – Різниця кутів коліс при повороті

Вище наведено приклад кутової різниці між керуючими колесами (Рис. 1.22), тоді як приклад з паралельними керманичами важелями буде забезпечувати однакові кути повороту обох ведучих коліс.

Проаналізувавши всі дані та провівши синтез було вирішено за основу брати механічний рульовий механізм з незмінним передатним числом, по способу повороту - управління колесами, що базується на схемі Акермана.

Також до уваги було взято те, що транспортний засіб орієнтований на людей з обмеженими можливостями нижньої частини тіла, тому через неможливість використовувати стандартні системи керування було вирішено використовувати замість рульового колеса у поєднанні з педалями мотоциклетне кермо.

1.3 Прогноз старту – проекту

Проект орієнтований на продаж у країнах з гарно розвиненою транспортною інфраструктурою міст та високим рівнем доходів, що забезпечить купівельну спроможність людей. Найбільші ринки – ринки Європи та Америки. Вони відрізняються високими фінансовими можливостями людей, високими соціальними стандартами та розвиненою інфраструктурою міст. Також варто звернути на ринок Китаю, який розвивається шаленими темпами.

До переваг також варто віднести те, що це електричний транспорт. Врахувавши дослідження EV Volumes [12], глобальні продажі електромобілів за 2018 рік досягли 2,1 млн. одиниць, що на 64% більше ніж у 2017 році. До них відносяться продажі як повністю електричних рішень, так і гібридів. Близько 69% проданих авто були повністю електричними. На рис. 1.23 представлено порівняльну діаграму, яка відображає зміну кількості проданих електромобілів у світі за 2018 рік, в порівнянні з 2017.

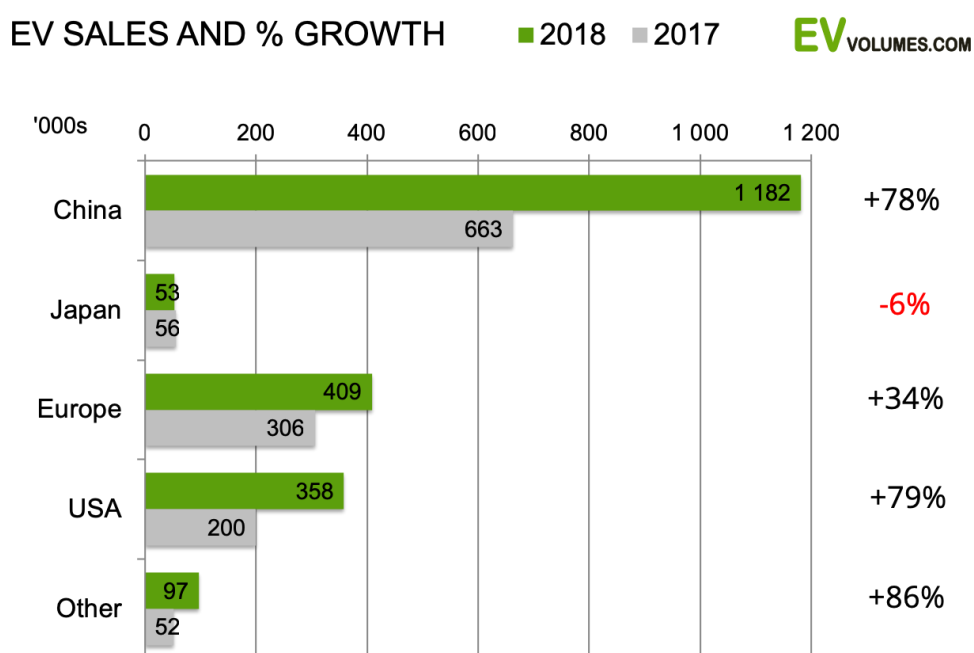


Рисунок 1.23 – Відсоток продажів електромобілів [12]

Ринок Китаю значно укріпив свої позиції, де продажі вирости більше ніж на 500 000 одиниць, досягнувши майже 1,2 млн. Ринок Європи стримувався низькою пропозицією електромобілів на ринку. Результати Американського ринку повністю забезпечені продажами Tesla Model 3.

До факторів впливу на продажі також варто віднести якість доріг у тій чи іншій країні. Так, у 2018 році на всесвітньому економічному форумі

було представлено щорічний звіт про стан економіки в країнах світу, який включав рейтинг доріг по країнам [13]. Якість дорожнього покриття оцінювалась по всій території країни. До списку включено 138 країн. На рис. 1.24 представлено рейтинг перших десяти країн за якістю доріг.

Максимально можливий результат оцінювання становив сім балів. Перше місце декілька років поспіль займають Об'єднані Арабські Емірати.

№	Страна	Индекс
1	ОАЭ	6,4
2	Сингапур	6,3
3	Швейцария	6,3
4	Гонконг	6,2
5	Нидерланды	6,1
6	Япония	6,1
7	Франция	6,0
8	Португалия	6,0
9	Австрия	6,0
10	США	5,7

Рисунок 1.24 – Рейтинг країн за якістю доріг [13]

З рейтингу можна зробити висновок, що країни Європи, Азії та Америка мають високий рівень дорожнього покриття, тому є цільовими ринками для реалізації проекту.

2. КОНЦЕПЦІЯ ПРОЕКТУ ТА КОНСТРУКЦІЯ РУЛЬОВОЇ СИСТЕМИ

2.1 Опис загальної концепції рішення

На даний момент питання пересування людей з інвалідними візками в Україні та деяких країнах СНГ стоїть дуже гостро. Адже в більшості громадського транспорту або повністю відсутні будь які засоби для заїзду так і розміщення громадян в ньому, або дані засоби не використовуються, через відсутність кваліфікованих людей, котрі могли б допомогти з їх використанням. Також, на превеликий жаль більшість із цих засобів вже неможливо використовувати через їх стан. Треба не забувати про те, що для людей з інвалідними візками великою проблемою є велика кількість людей у міському транспорті, через що, вони фізично не можуть в ньому розміститися. Ще проблемними факторами являються недостатня висота брівки, що збільшує висоту для заїзду до транспорту та погане планування з'їздів у підземні переходи. Через усі ці фактори люди з інвалідними візками сильно залежать від допомоги їх близьких, знайомих або сиділок при пересуванні по місту, або взагалі не мають такої можливості.

Проект «odi» націлений на надання таким людям більше автономності, свободи руху, можливості подолання більшої відстані за короткий час набагато комфортніше, при цьому всьому з пониженням витрат на пересування та турботою про околишнє середовище за рахунок конструктивних, матеріальних та технологічних рішень при розробці проекту які націлені на втілення даних потреб.

Через те, що проект націлений виключно на людей з інвалідними візками, є певні вимоги які напряду впливають на габаритні розміри транспортного засобу, а саме збірник правил по проектуванню громадських та приватних будівель та конструкцій для груп населення з

обмеженою рухливістю [14].

З даної збірки були взяті габаритні розміри, котрі мають бути виконані при проектуванні транспортних засобів (Рис. 2.1), а саме:

1. висота т.з. від 1600 мм до 1800 мм;
2. довжина від 2500 мм до 3000 мм;
3. ширина від 1300 мм до 1500 мм;
4. ширина колії не менше 1000 мм, виміряна від середини колеса;
5. колісна база не менше 2000 мм;
6. висота місця для водія має бути від 1300 мм до 1500 мм, ширина не менше 700 мм.

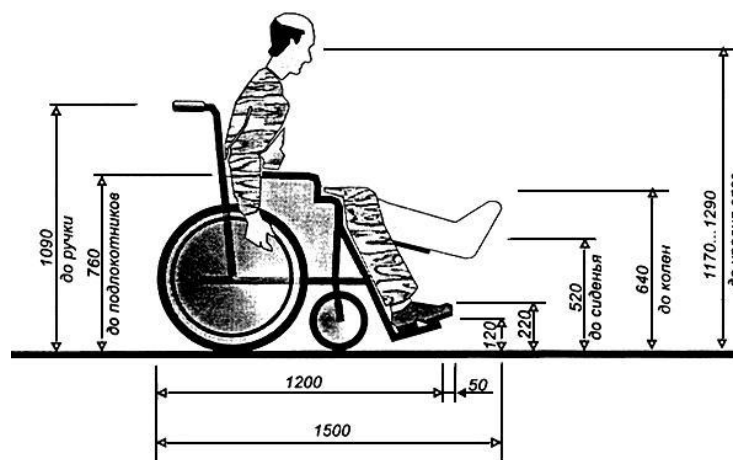


Рисунок 2.1 – Габаритні розміри відносно людини у візку

На основі цих даних, а також необхідності у естетичній привабливості та ергономіці транспортного засобу за участі дизайнера був розроблений ескіз дизайну екстер'єру проекту «odi» (Рис.2.2)

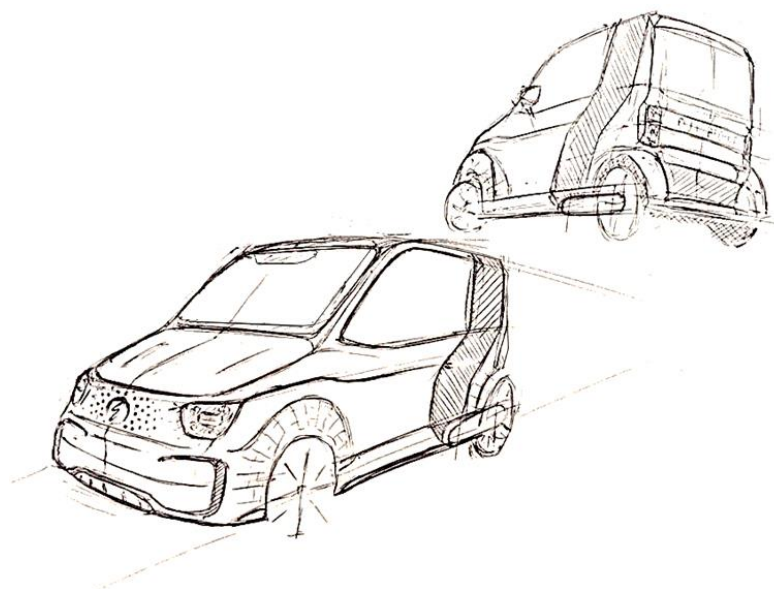


Рисунок 2.2 – Ескіз екстер'єру «odi»

Одним із ключових елементів будь-якого рухомого транспорту являється рульове керування. Від рульового керування залежить наскільки легко ним буде керувати, як швидко і правильно транспортний засіб буде змінювати свою траєкторію в екстрених ситуаціях, а також наскільки просто і швидко можна буде запаркувати транспортний засіб в умовах великого міста.

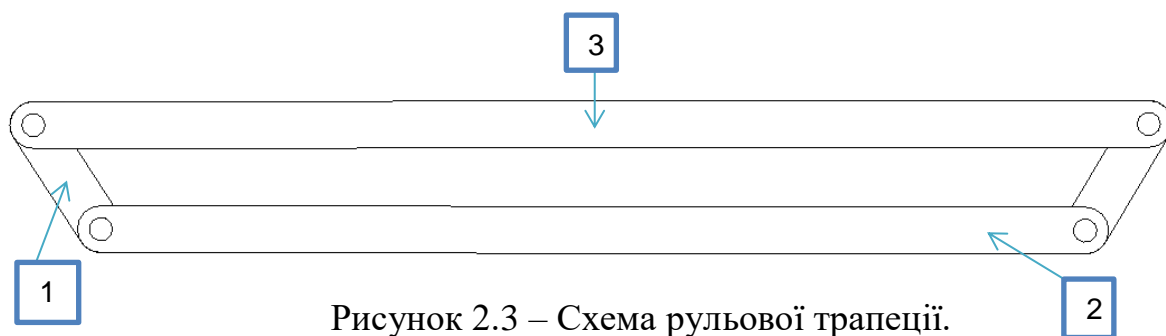
При проектуванні рульового керування для електричної платформи «odi» основними факторами являються економічний аспект, надійність та простота. Економічний аспект націлений на зменшення вартості даної платформи. Надійність та простота керування націлені на зменшення часу обслуговування рульового керування, вартості усунення неполадок і довговічності системи. Всі ці фактори зумовлені тим, що електрична платформа «odi» призначена для людей з обмеженими можливостями, для яких дуже важко відмовитися від транспортного засобу на довгий час.

Загальна концепція рульового керування являє собою використання схеми Акермана, як основи, із розділеною передньою рульовою трапецією та поворотним кулаком, а функцію рульового приводу буде виконувати

колонка з двома шарнірами на рульовій сошці. Замість рульового колеса буде використовуватися мотоциклетне кермо на яке будуть виведені усі важелі управління (газ, гальма, перемикачі).

2.2 Принципова схема та основні параметри рульової системи.

Принциповою схемою рульового керування являється трапеція (Рис. 2.3), яка складається з двох бокових тяг (Рис. 2.3, 1), поперечної тяги (Рис. 2.3, 2) та передньої вісь до якої може кріпитися рухома частина трапеції (Рис. 2.3, 3).



Основні параметри рульової трапеції напряму залежать від габаритних розмірів рами платформи «odi», а точніше її нижньої частини.

Відповідно до даних отриманих від конструктора рами маємо такі габаритні розміри 2300 x 900 мм, 1540 мм – ширина між крайніми точками кріплення задніх коліс (Рис. 2.4)

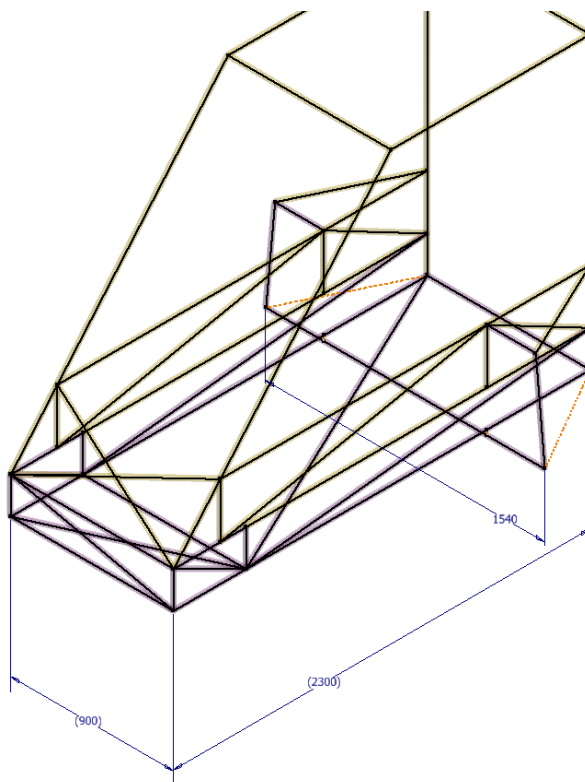


Рисунок 2.4 – Габаритні розміри рами

Разом із конструктором рами було вирішено, що відстань між точками перетину осей шворнів (1) (Рис. 2.5) та опорних поверхонь складає 950 мм., а довжина колісної бази складає 2000 мм.

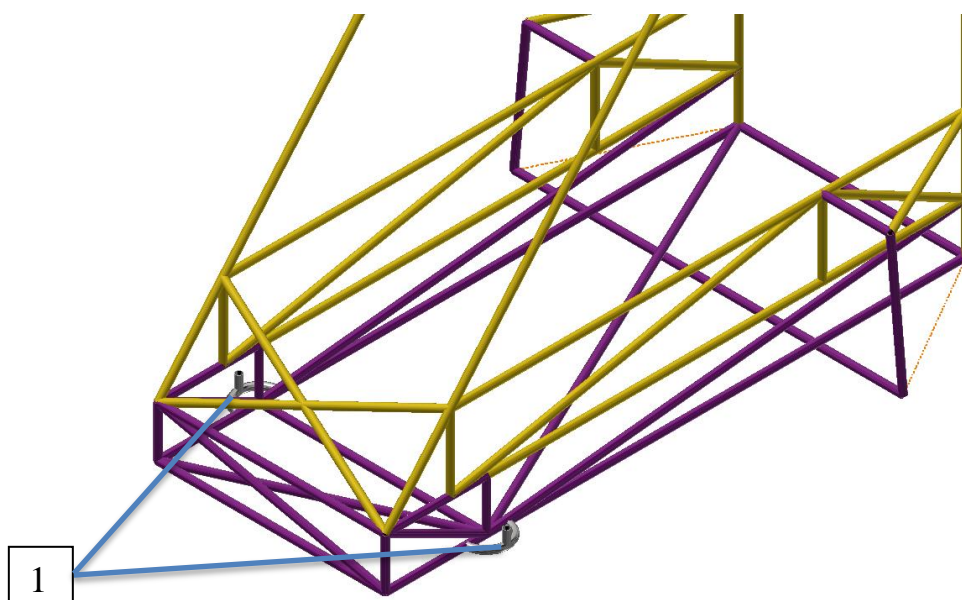


Рисунок 2.5 – Розміщення шкворнів на рамі

Сама схема розміщення рульового керування на рамі має такий вигляд (Рис. 2.6)

Основними параметрами трапеції є: M – відстань між точками перетину осей шкворнів та опорних поверхонь; m – боковий важіль, n – поперечна тяга, θ – кут між боковими важелем та поперечною тягою (Рис.2.6) [15].

За схемою Акермана точка перетину бокових тяг розміщена на задній осі платформи (Рис. 2.6, 1).

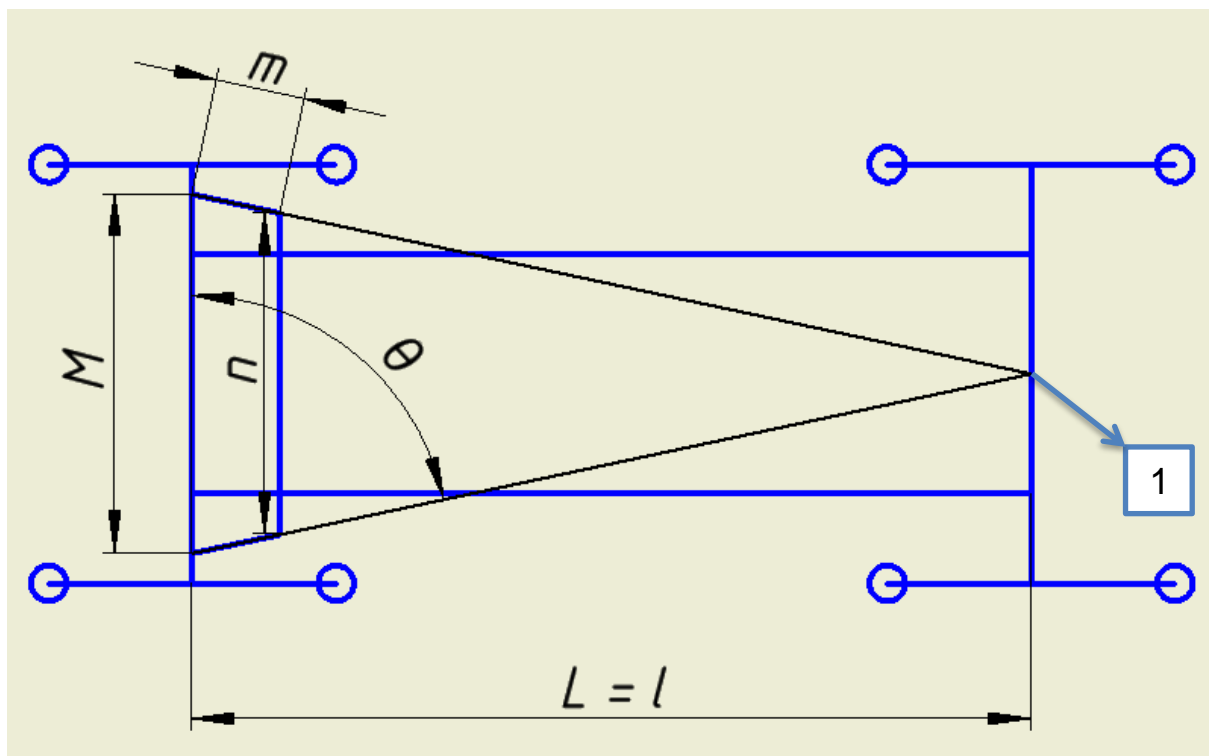


Рисунок 2.6 – Схема розміщення рульового керування

Функцію рульового механізму буде виконувати так званий «трикутник» (Рис. 2.7). В якого два отвори для з'єднання з поперечною тягою (Рис. 2.7, 1), отвір до якого буде приєднане кермо транспортного засобу (Рис. 2.7, 2).

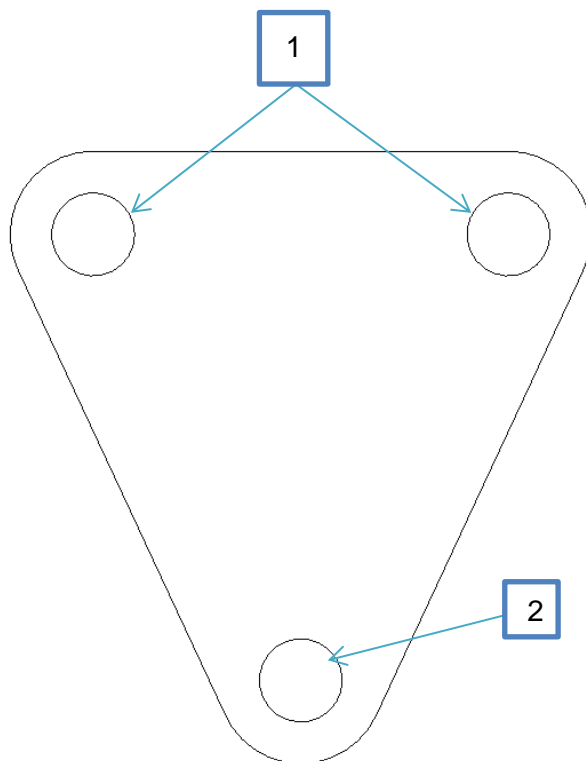


Рисунок 2.7 – Рульовий механізм «трикутник»

Рульові механізми такого типу раніше використовувалися на більшості радянських тракторів. На даний момент це єдиний вид механізмів яку використовуються на карт машинах.

Через те, що основні елементи керування, а саме гальма і газ транспортного засобу, мають натискатися руками і їх доступність та можливість швидко реагувати на ситуацію на дорозі було обрано використання мотоциклетного керма (Рис. 2.8) з яким великий кут повороту є незручним та недоцільним тому було обрано такий рульовий механізм.

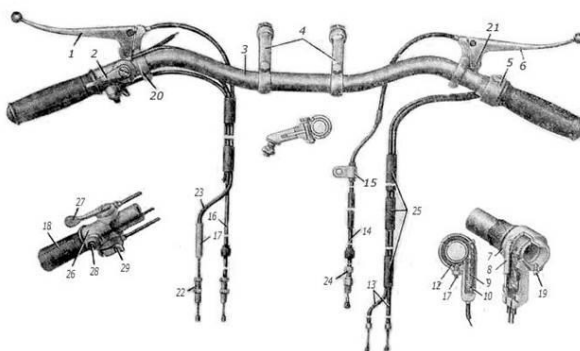


Рисунок 2.8 – Кермо мотоцикла

Одним із найголовніших елементів будь-якого рульового керування являється поворотний кулак або як їх же називають поворотна цапфа (Рис. 2.9). За рахунок цього елемента рульової системи, як раз і відбувається зміна напрямку руху у більшості транспортних засобів. Даний елемент має різноманітні схеми які залежать, від того залежна чи незалежна підвіска, від того амортизована чи неамортизована підвіска, та й взагалі від самої системи рульового управління яке використовується в транспортному засобі.

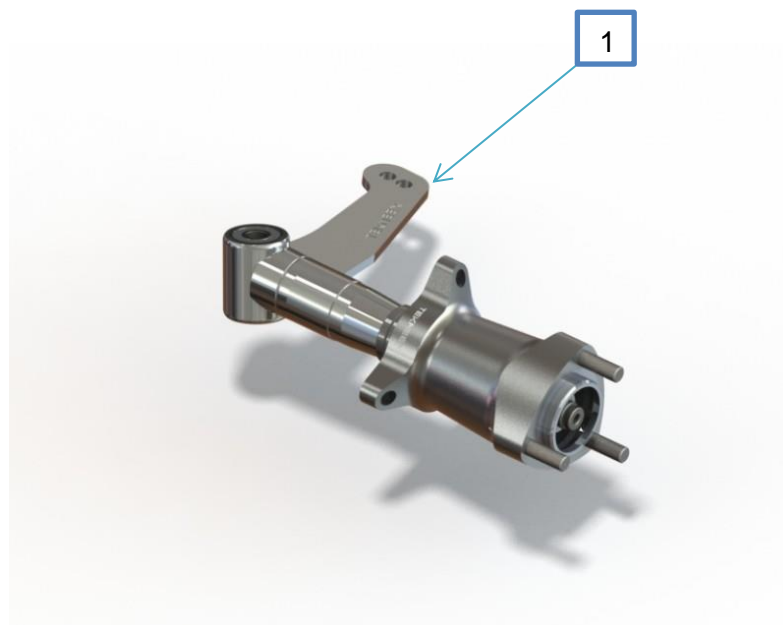


Рисунок 2.9 – Поворотна цапфа

Важіль поворотної цапфи (Рис. 2.9, 1) в нашому випадку залежить від довжини бічної тяги рульової трапеції.

Також в рульовій системі треба не забувати про ступицю у поєднанні з підшипниками, що забезпечує обертання самих коліс та фіксації їх на поворотних цапфах. Розміри ступиці залежать від розмірів поворотної цапфи, від розмірів колеса, яке в нашому випадку таке ж за розмірами, що і розмір заднього колеса. Розміри підшипників залежать від

розмірів ступиці та від необхідних характеристик, які до них виставляються.

2.3 Конструктивний розрахунок основних елементів рульової системи

Розрахунок головних розмірів рульової трапеції.

При ідеальному співвідношенні між кутами повороту керованих коліс при повороті автомобіля відбувається їх чисте кочення без бокового ковзання, а миттєвий центр повороту двовісний автомобіля знаходиться на перетині осей задніх коліс і осей обох керованих коліс (Рис. 2.10, а) [15].

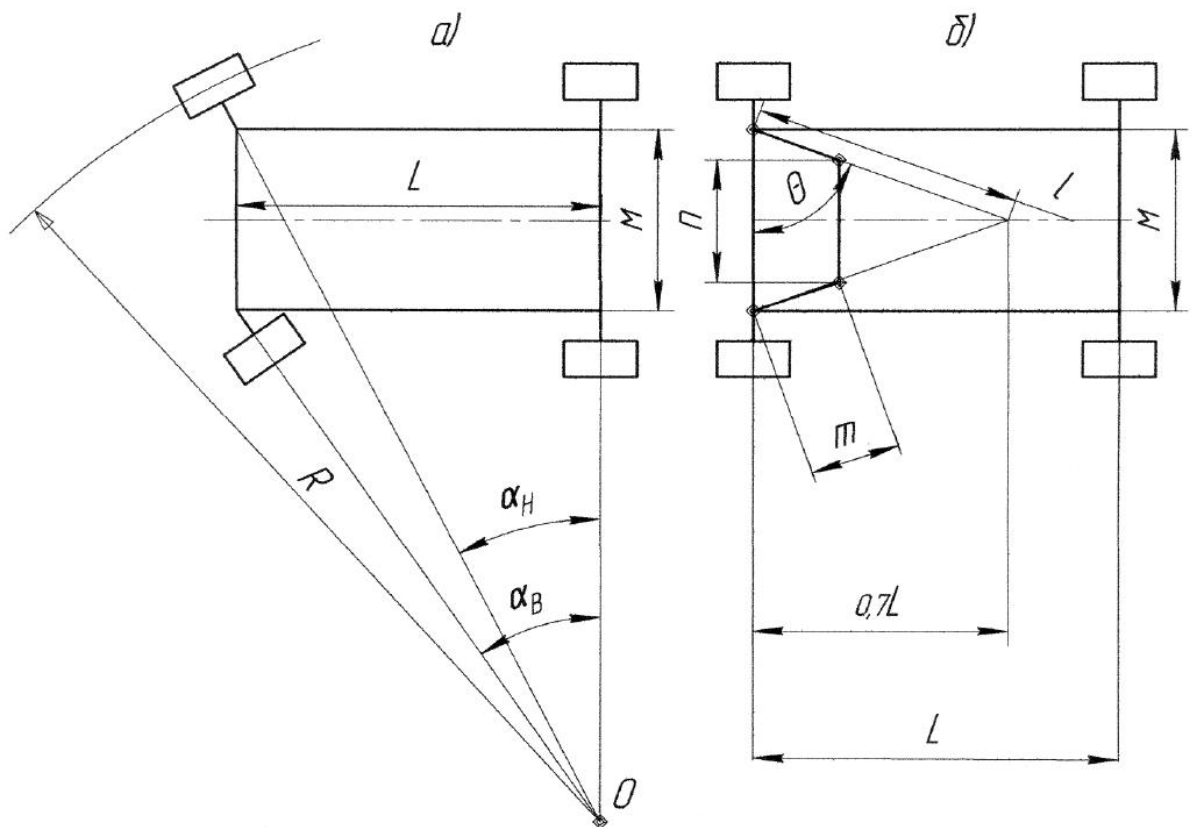


Рисунок 2.10 – Розрахункові схеми: а – повороту авто; б – рульової трапеції

Зв'язок між кутами повороту керованих коліс в цьому випадку підпорядковується залежності

$$ctg\alpha_H - ctg\alpha_B = M/L$$

Де α_H – це кут повороту зовнішнього колеса, а α_B – це кут повороту внутрішнього колеса.

Конструкція механізму приводу, виконана в формі рульової трапеції, не може забезпечити точне виконання цієї умови, і задача конструктора - підібрати таку форму рульової трапеції, при якій дійсні кути повороту коліс від їх теоретичних значень не сильно відрізнялися.

Параметрами трапеції є розміри бічних важелів m , поперечної тяги n і величина кута θ (Рис. 2.10, б). Виміряти даний кут досить складно, тому зручніше шукати відповіді через довжиною відрізка, що представляє собою відстань від точки перетину осей бічних важелів трапеції до передньої осі. У виконаних конструкціях задньої трапеції (Рис. 2.10, б) ця відстань приблизно дорівнює $0,7L$. Проте, через використання синтезованої системи керування відстань від точки перетину осей бічних важелів трапеції до передньої осі дорівнює довжині колісної бази L . Величини параметрів m і n для виконаних конструкцій мають співвідношенням $m/n = 0,12 \div 0,16$, тому їх чисельні значення можуть бути знайдені з подібності прямокутних трикутників (Рис. 2.10, б) [15]:

$$\frac{l}{l-m} = \frac{M/2}{n/2} \rightarrow l \cdot n = M(l-m)$$

Де m – боковий важіль, n – поперечна тяга, M – відстань між точками перетину осей шкворнів та опорних поверхонь

Для $m/n = 0,12$

$$n = M \cdot l / (l + 0,12M), m = 0,12n$$

Де

$$l = \sqrt{(0,7L)^2 + (0,5M)^2}$$

В якому l – довжина відрізка, що представляє собою відстань від точки перетину осей бічних важелів трапеції до передньої осі

L – довжина колісної бази

$$l = \sqrt{L^2 + (0,5M)^2}$$

Величина кута між поперечною тягою та боковим важелем розраховується за формулою:

$$\theta = \arctg \frac{1,4L}{M}$$

При вихідних параметрах:

- $M = 950$ мм.
- $L = l = 2000$ мм.

Отримуємо такі результати:

- $m = 108$ мм.
- $n = 900$ мм.
- $\theta = 71^\circ$

При аналізі систем керування та проектування даної системи було вирішено використовувати трикутний рульовий механізм в якого відстань між отворами кріплення поперечних тяг становить 100 мм (Рис. 2.11).

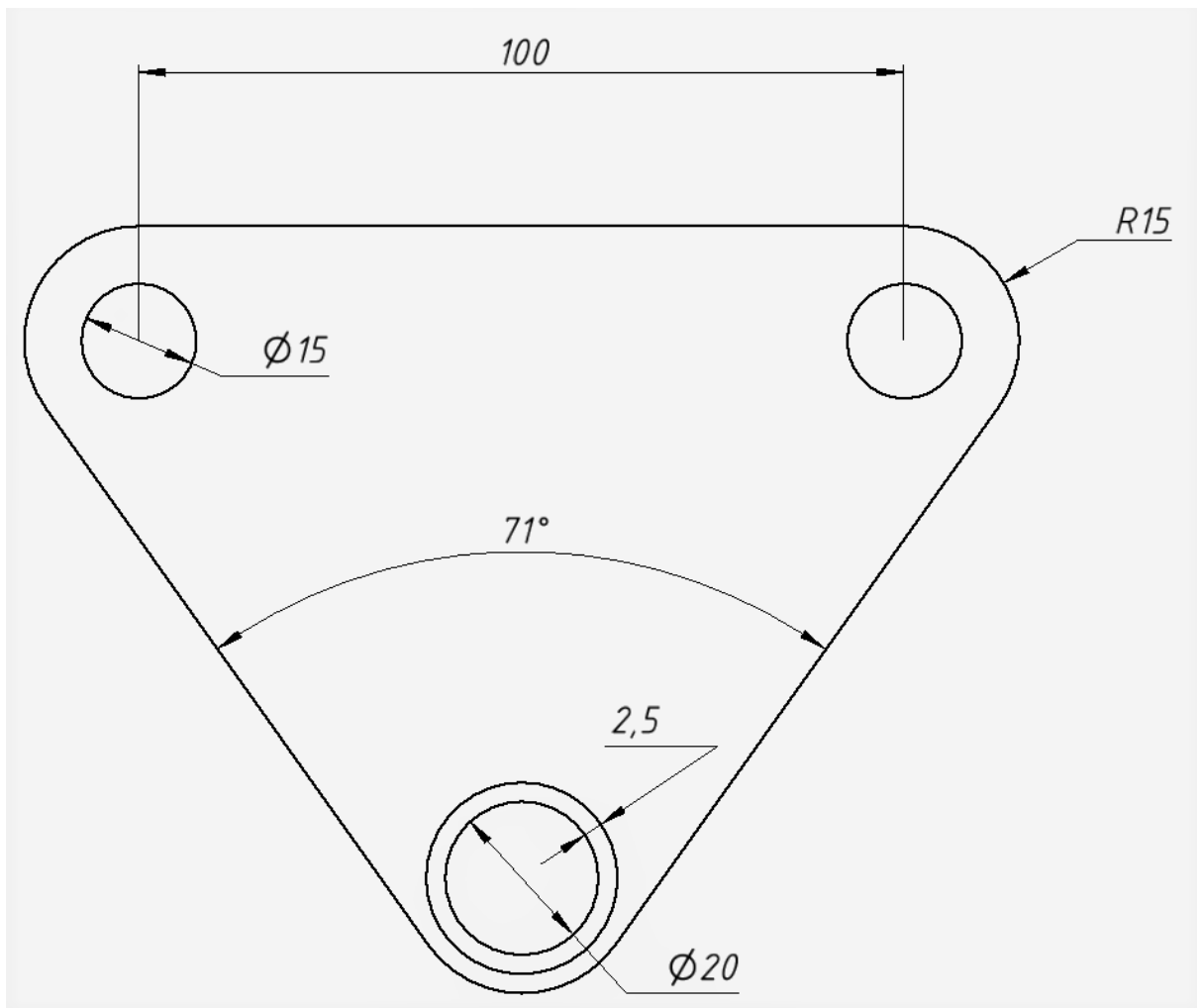


Рисунок 2.11 – Габаритні розміри трикутного рульового механізму

З урахуванням встановлення трикутного рульового механізму, довжина поперечної тяги п складає 400 мм (Рис. 2.12) замість 900 мм.

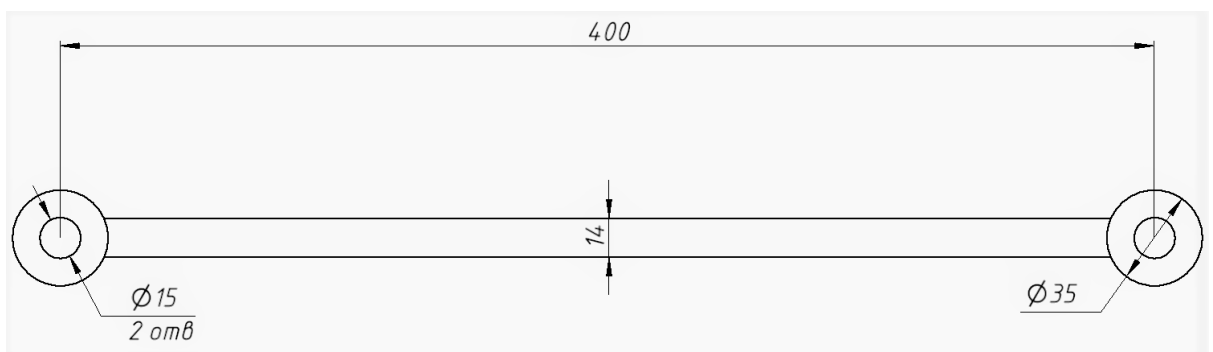


Рисунок 2.12 – Розміри поперечної тяги

Розміри отворів під місця з'єднання, а саме 15 мм, а також діаметр «вух» через які відбувається з'єднання поперечних тяг з рульовим механізмом «трикутником», а також поворотними цапфами були обрані з конструкторських міркувань (Рис. 2.12).

На основі вже отриманих даних, а саме довжини бічного важеля m і кут між передньої віссю та бічним важелем можна спроектувати поворотні цапфи так, як бічний важіль m являється важелем поворотної цапфи (Рис. 2.13).

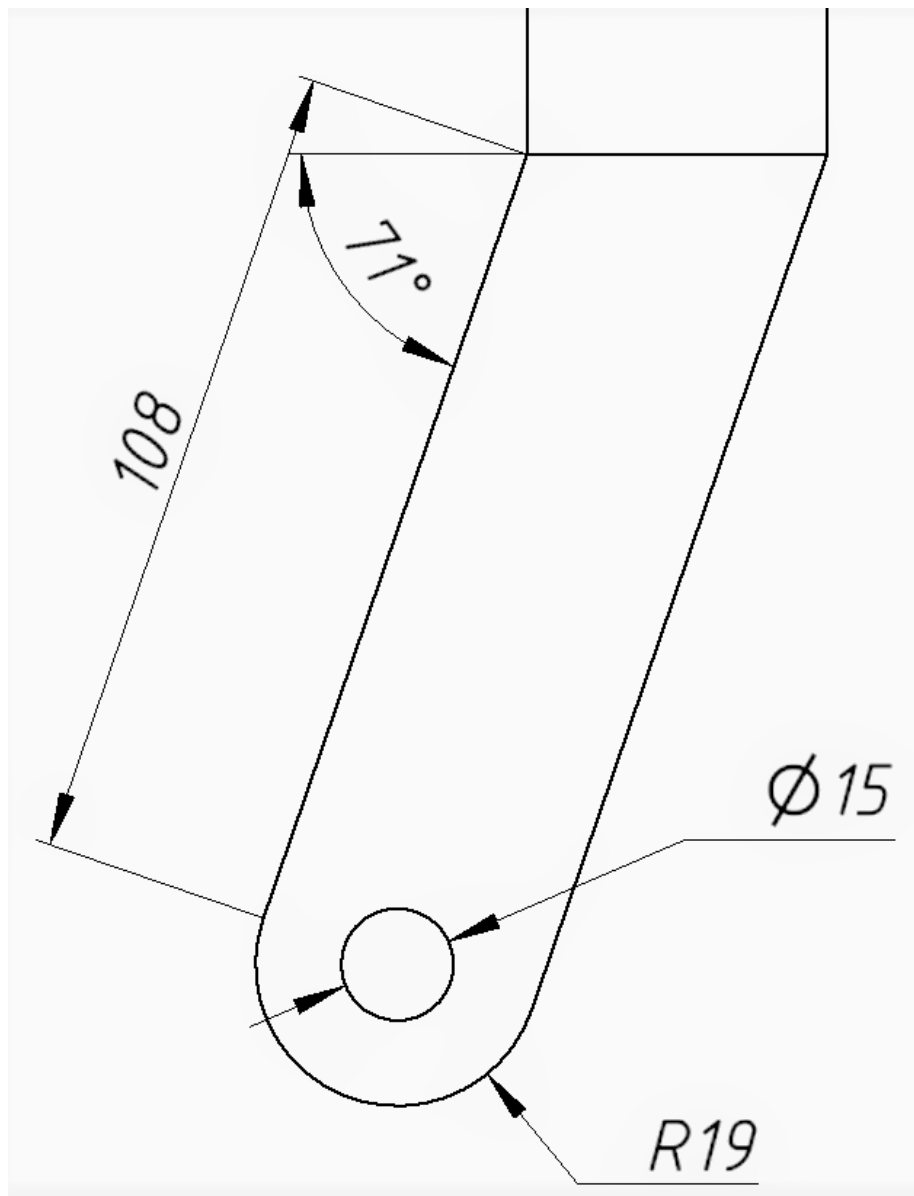


Рисунок 2.13 – Важіль поворотний цапфи

Довжина шкворня поворотної цапфи (Рис. 2.14), 80 мм, залежить від розмірів дисків передніх коліс, які в свою чергу залежать від розмірів дисків задніх мотор коліс транспортного засобу.

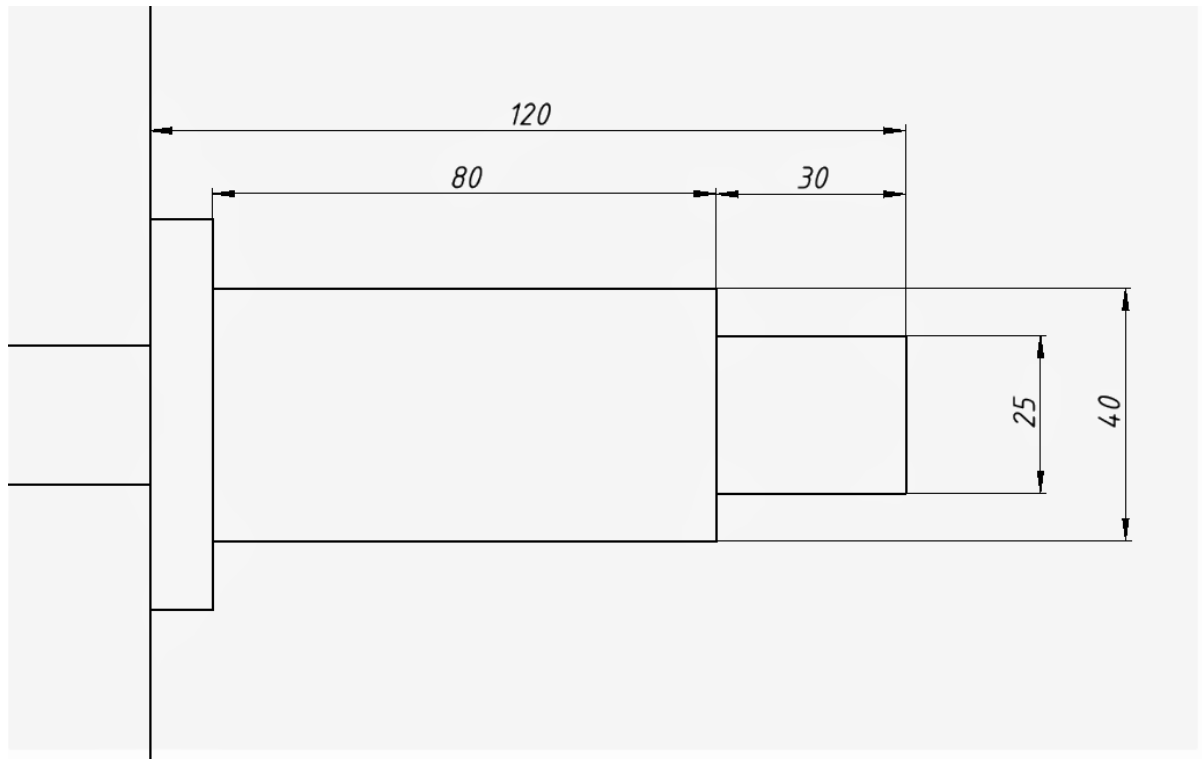


Рисунок 2.14 – Шкворень поворотної цапфи

Діаметр був обраним в 40 мм. з конструкторських міркувань. Відповідно до даного діаметру були обрані підшипники для ступиць Stels ATV 300B 40x74x40 OPTIMAL, по дві штуки на кожну ступицю, дані підшипники використовуються в баггі POLARIS RZR 570 [16].

Також була розроблена сама ступиця відповідно до розмірів поворотної цапфи, розмірів колеса, а також обраних підшипників.

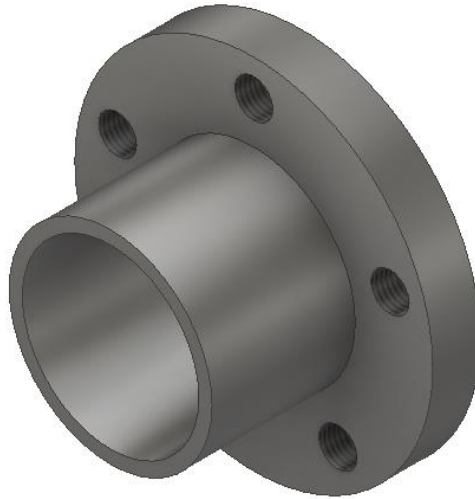


Рисунок 2.15 – 3D модель ступиці

Розрахунок зусиль, що припадають на поворотні цапфи

Дано:

- радіус колеса: $r = 225$ мм;
- вага, що приходить на колесо: $G = 900$ Н;
- відстань між серединою колеса і цапфою : $l_1 = 112,5$ мм;
- відстань між серединою колеса і віссю шкворня: $l_2 = 134$ мм;
- відстань між серединою верхньою і нижньою частинами вилки:
 $l_3 = 140$ мм;
- відстань від середини довжини шворня до середини вилки:
 $l_4 = 95$ мм;
- товщина частин вилки: $b = 30$ мм;
- відстань між передньою віссю і поперечною рульовою тягою:
 $l_5 = 200$ мм;
- діаметр осі колеса: $d_1 = 50$ мм;
- діаметр шкворня: $d_2 = 0,8d_1 = 40$ мм;
- коефіцієнт щеплення: $\varphi = 0,65$.

Розрахунок режиму гальмування транспортного засобу

Розрахунок згинального моменту [17]:

$$R_{zn} = G = 900 \text{ Н}$$

$$M_B = R_{zn} \cdot l_1 \cdot 10^{-3} = 900 \cdot 112,5 \cdot 10^{-3} = 101,25 \text{ Нм}$$

$$M_r = \varphi \cdot M_B = 0,65 \cdot 101,25 = 65,8 \text{ Нм}$$

Сумарний згинальний момент:

$$M_{\text{и}} = \sqrt{M_B^2 + M_r^2} = \sqrt{101,25^2 + 65,8^2} = 120,75 \text{ Нм}$$

Момент супротиву і навантаження на згин

$$W = 0,1 \cdot d_1^3 = 0,1 \cdot 50^3 = 12500 \text{ мм}^3$$

$$\sigma_{\text{и}} = \frac{M_{\text{и}} \cdot 10^3}{W} = \frac{120,75 \cdot 10^3}{12500} = 9,66 \text{ МПа.}$$

Так, як поворотні цапфи, в основному, виготовляють із сталей марок 30Х і 40Х отримане навантаження має бути меншим за $|\sigma| = 500 \text{ МПа}$. По отриманим даним видно, що навантаження яке приходить на згин в п'ятдесят разів менше ніж граничне значення.

Розрахунок режиму заносу транспортного засобу

При заносі транспортного засобу, внаслідок дії поперечної сили R_y нормальна реакція $R_{\text{зпл}}$ на лівому колесі буде більша, аніж на правому $R_{\text{зпр}}$. Але на частину балки у лівого колеса діють різниця згинальних моментів $R_{\text{зп}}$, а у правого колеса – сума цих моментів [17].

При розрахунку режиму заносу коефіцієнт поперечного щеплення необхідно прирівняти до одиниці: $\varphi_y = 1,0$.

Висота центру маси т.з. «оді» близько: $h_g = 0,7$ м.

Колія т.з.: $B = 0,973$ м.

Сили, що діють в зачепленні:

$$R_{zпл} = \frac{G}{6} \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot \varphi_y \cdot h_g}{B} \right) = \frac{900}{6} \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot 0,7}{0,97} \right) = 366,5 \text{ Н}$$

$$R_{zпп} = \frac{G}{6} \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot \varphi_y \cdot h_g}{B} \right) = \frac{900}{6} \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot 0,7}{0,97} \right) = 66,5 \text{ Н}$$

$$R_{yпл} = R_{zпл} \cdot \varphi_y = 366,5 \cdot 1 = 366,5 \text{ Н}$$

$$R_{yпп} = R_{zпп} \cdot \varphi_y = 66,5 \cdot 1 = 66,5 \text{ Н}$$

Розрахункові згинаючі моменти:

$$M'_{ивл} = R_{zпл} \cdot l_1 \cdot 10^{-3} = 366,5 \cdot 112,5 \cdot 10^{-3} = 41,2 \text{ Нм}$$

$$M'_{ивп} = R_{zпп} \cdot l_1 \cdot 10^{-3} = 66,5 \cdot 112,5 \cdot 10^{-3} = 7,5 \text{ Нм}$$

$$M''_{ивл} = R_{yпл} \cdot r \cdot 10^{-3} = 366,5 \cdot 225 \cdot 10^{-3} = 82,5 \text{ Нм}$$

$$M''_{ивп} = R_{yпп} \cdot r \cdot 10^{-3} = 66,5 \cdot 225 \cdot 10^{-3} = 15 \text{ Нм}$$

Сумарні згинальні моменти:

$$M_{ивл} = M''_{ивл} - M'_{ивл} = 82,5 - 41,2 = 41,3 \text{ Нм}$$

$$M_{ивп} = M''_{ивп} + M'_{ивп} = 15 + 7,5 = 22,5 \text{ Нм}$$

Напруження на згин в найбільш навантаженому січені

$$\sigma'_{\text{и}} = \frac{M_{\text{ивл}} \cdot 10^3}{W} = \frac{41,3 \cdot 10^3}{12500} = 3,3 \text{ МПа}$$

Розрахунок шкворня

Розрахунок шкворня (Рис. 2.16) проводяться на ті ж режими навантаження, що й розрахунок поворотної цапфи. Кутами нахилу шкворня в поперечній та прокольній площинях можна знехтувати через їх невелике значення, котрі не впливають на кінцевий результат розрахунків[17].

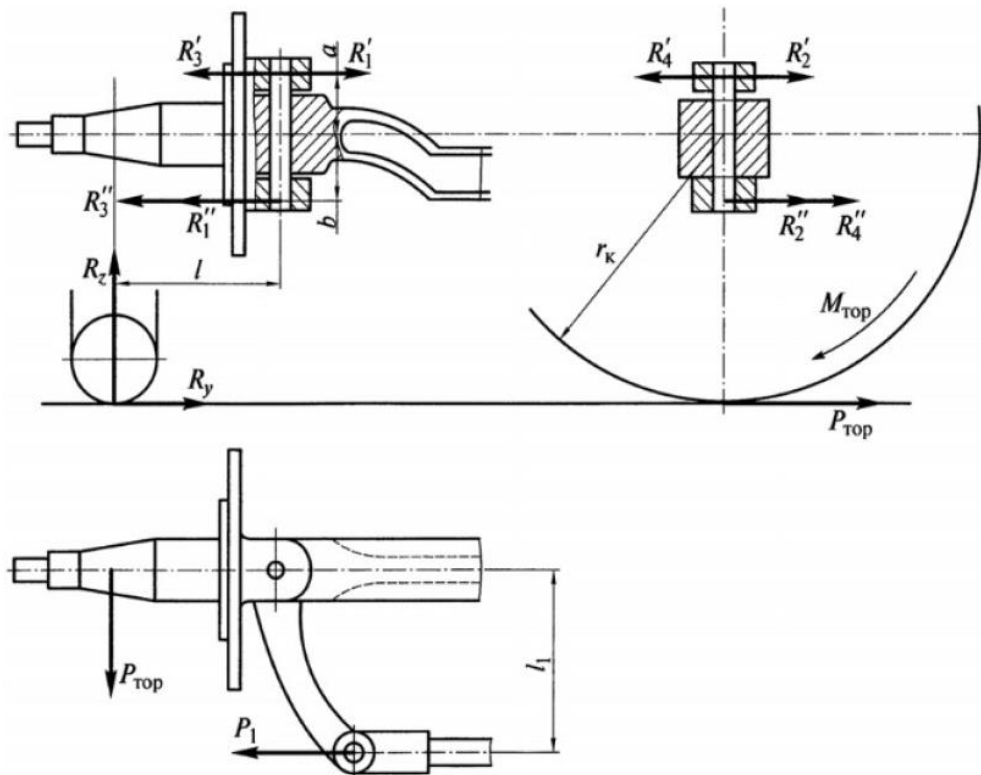


Рисунок 2.16 – Схема для розрахунку шкворня[17]

Розрахунок гальмування транспортного засобу

При гальмуванні сили R' і R'' , які навантажують верхній і нижній кінці шкворня відповідно, виникають під дією:

нормальної реакції:

$$R'_1 = R_{\text{зп}} \cdot \frac{l_2}{l_3} = 900 \cdot \frac{134}{140} = 861,4 \text{ Н}$$

$$R''_1 = R'_1 = 861,4 \text{ Н}$$

гальмівної сили:

$$P_{\text{тор}} = R_{\text{зп}} \cdot \varphi = 900 \cdot 0,65 = 585 \text{ Н}$$

$$R'_2 = P_{\text{тор}} \cdot \frac{l_3}{l_4} = 585 \cdot \frac{140}{95} = 862 \text{ Н}$$

$$R''_2 = R'_2 = 862 \text{ Н}$$

реактивної сили:

$$P_1 = P_{\text{тор}} \cdot \frac{l_2}{l_5} = 585 \cdot \frac{134}{200} = 392 \text{ Н}$$

$$R'_3 = P_1 \cdot \frac{l_4}{l_3} = 392 \cdot \frac{95}{140} = 266 \text{ Н}$$

$$R''_3 = R'_3 = 266 \text{ Н}$$

гальмівного моменту:

$$M_{\text{тор}} = P_{\text{тор}} \cdot r = 585 \cdot 225 = 131625 \text{ Н}$$

$$R'_4 = \frac{M_{\text{тор}}}{l_3} = \frac{131625}{140} = 940,2 \text{ Н}$$

$$R''_4 = R'_4 = 940,2 \text{ Н}$$

Сумарна сила, що діє на верхній кінець шкворня:

$$R'_{\text{сум}} = \sqrt{(R'_1 - R'_3)^2 + (R'_4 - R'_2)^2} = 580,7 \text{ Н}$$

$$R''_{\text{сум}} = \sqrt{(R''_1 + R''_3)^2 + (R''_4 + R''_2)^2} = 2115,2 \text{ Н}$$

Шкворень у всіх режимах навантаження розраховується на згин та зріз, а втулки шкворня розраховується на зім'яття [17]:

- напруження згину шкворня на момент протидії:

$$W = 0,1 \cdot d_2^3 = 0,1 \cdot 40^3 = 6300 \text{ мм}^3$$

$$\sigma_{\text{изг}} = \frac{R''_{\text{сум}} \cdot d_2}{W} = \frac{580,7 \cdot 40}{6300} = 3,7 \text{ МПа}$$

- напруження зрізу шкворня:

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{4 \cdot R''_{\text{сум}}}{\pi \cdot d_2^2} = \frac{4 \cdot 580,7}{\pi \cdot 40^2} = 0,5 \text{ МПа}$$

- напруження зім'яття втулок шкворня:

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{R''_{\text{сум}}}{h_B \cdot d_2}$$

де h_B – висота втулки шкворня.

$$h_B = l_3 + b = 140 + 30 = 170 \text{ мм}$$

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{R''_{\text{сум}} \cdot d_2}{W} = \frac{2115,2 \cdot 40}{6300} = 13,4 \text{ МПа}$$

В основному шкворні виготовляють із сталей марки 40, 5 та 18ХГТ. Допустимі навантаження: $|\sigma_{\text{изг}}| = 500 \text{ МПа}$, $|\tau_{\text{ср}}| = 100 \text{ МПа}$, $|\tau_{\text{см}}| = 50 \text{ МПа}$.

2.4 Вибір матеріалу

При розробці та проектування системи рульового керування матеріалом для виготовлення було обрано леговану сталь 30Х.

Конструкційна легована хромиста сталь 30Х використовується для виготовлення цементуємих деталей з малою міцністю серцевини при високій твердості поверхні, що працюють при терті - пальці, втулки, валики, шестерні, штовхачі, інша продукція. Дану сталь можна замінити сталлю 30ХРА, 35Х, 35ХРА [18].

Фізичні характеристики даної сталі вказані у таблиці 2.1

Таблиця 2.1 – фізичні характеристики сталі 30Х [18]

Т	Е 10^{-5}	а 10^6	l	г	С
Град	МПа	1/Град	Вт/(м · град)	кг/м ³	Дж/(кг · град)
20	2,08			7820	
100	2,11	12,4	46,5	7800	482
200		12,9	44,4	7770	496
300	1,97	13,3	42,3	7740	513
400		13,8	38,5	7700	532
500	1,75	14,1	35,6	7670	555
600		14,5	31,9	7630	583
700		14,8	28,8	7590	620
800			26	7610	703
900			26,7	7560	687
1100				7470	670
1200				7430	670

2.5 Випробування

Так як провести повноцінне випробування можна лише при готовому прототипі, був проведений аналіз в програмі Autodesk Inventor на міцність поворотних кулаків при навантаженні масою електричної платформи в 90 кг на кожний (Рис. 2.17 – 2.15).

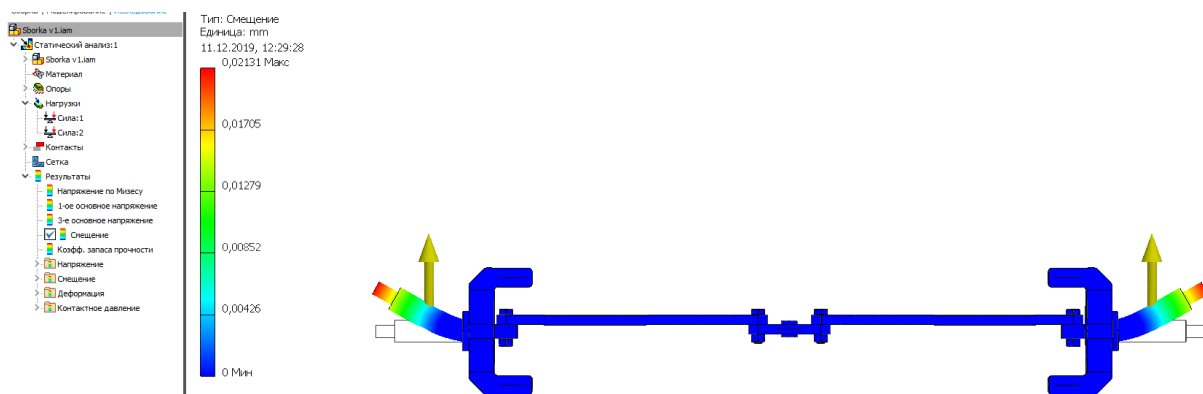


Рисунок 2.17 – Зміщення штифтів при навантаженні

Як ми можемо бачити (Рис. 2.17), максимальне зміщення штифтів при даному навантаженні становить менше 1 мм. Навантаження на кінцях штифтів можна ігнорувати, адже навантаження на них не буде приходитися.

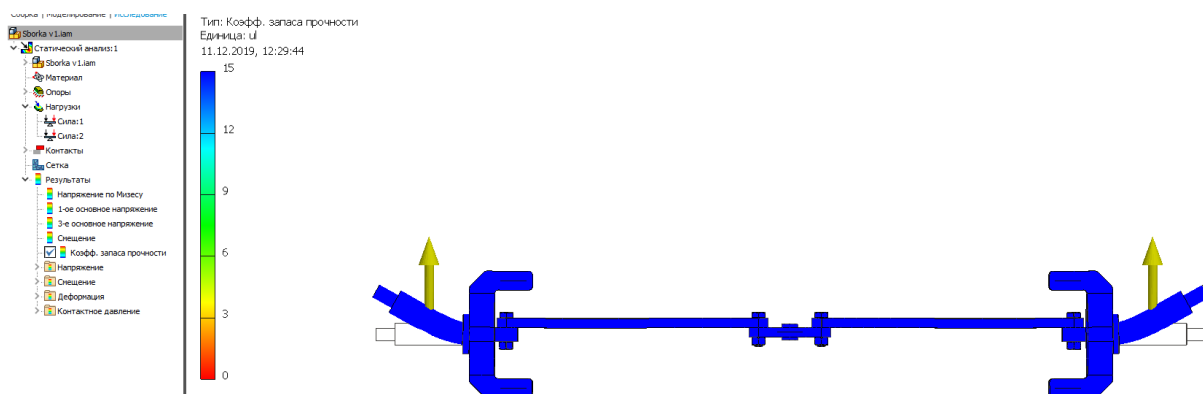


Рисунок 2.18 – Коефіцієнт запасу міцності

На рисунку 2.18 показаний коефіцієнт міцності і можна побачити, що в жодній з точок осей кулаків даний показник не виходить за синю зону (абсолютної норми).

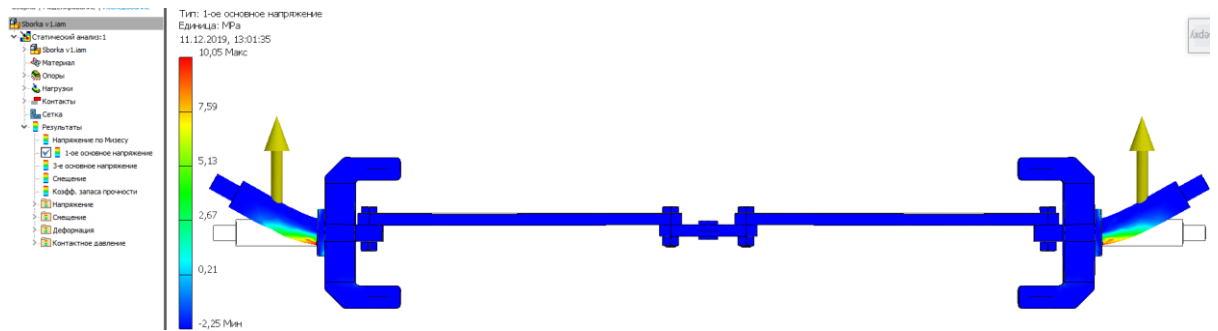


Рисунок 2.19 – 1 основне навантаження

На рисунку 2.19 можна побачити, що найбільше навантаження приходить на з'єднання між штифтом та корпусом поворотного кулака.

Також були навантажені бічні важелі поворотних кулаків на максимальне рекомендоване розрахункове зусилля в 40 кг.

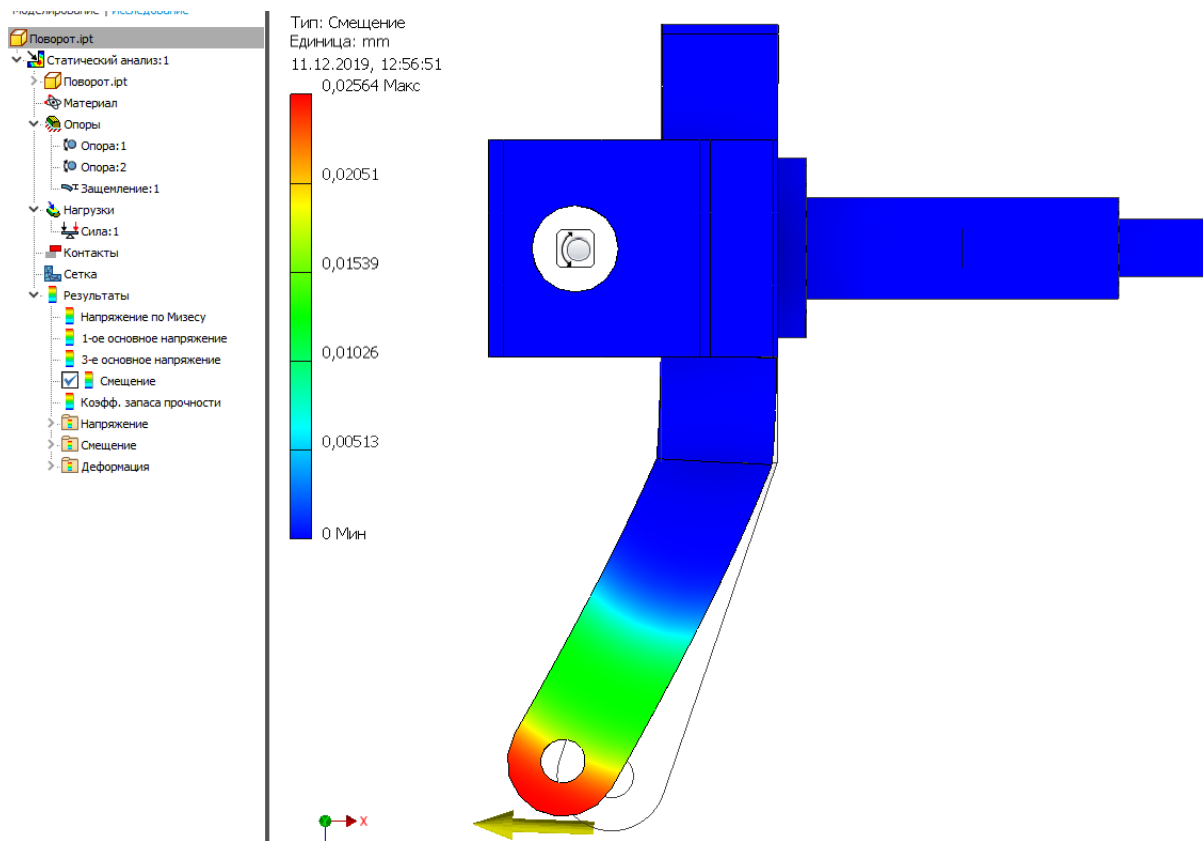


Рисунок 2.20 – Зміщення бічного важеля

Зміщення бічного важеля при навантаженні в 40 кг складає менше 1 мм (Рис. 2.20). При цьому, як і у випадку з штифтами показник запасу міцності не виходить на межі синьої зони (Рис. 2.21).

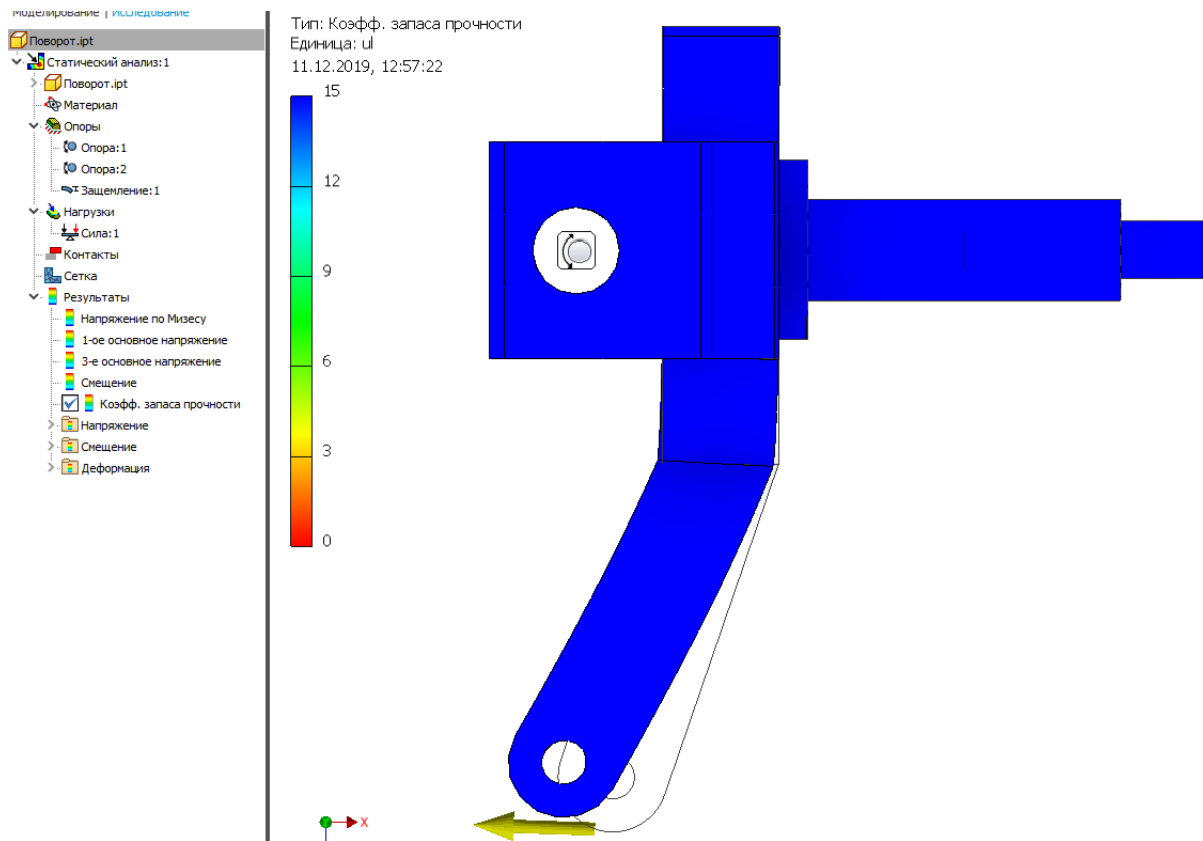


Рисунок 2.21 – Коэффициент запаса прочности

По первому основному навантажені, максимальне навантаження складає 6 Мпа, що в ≈ 20 разів менше, від максимального яке може витримати матеріал (Рис. 2.22)

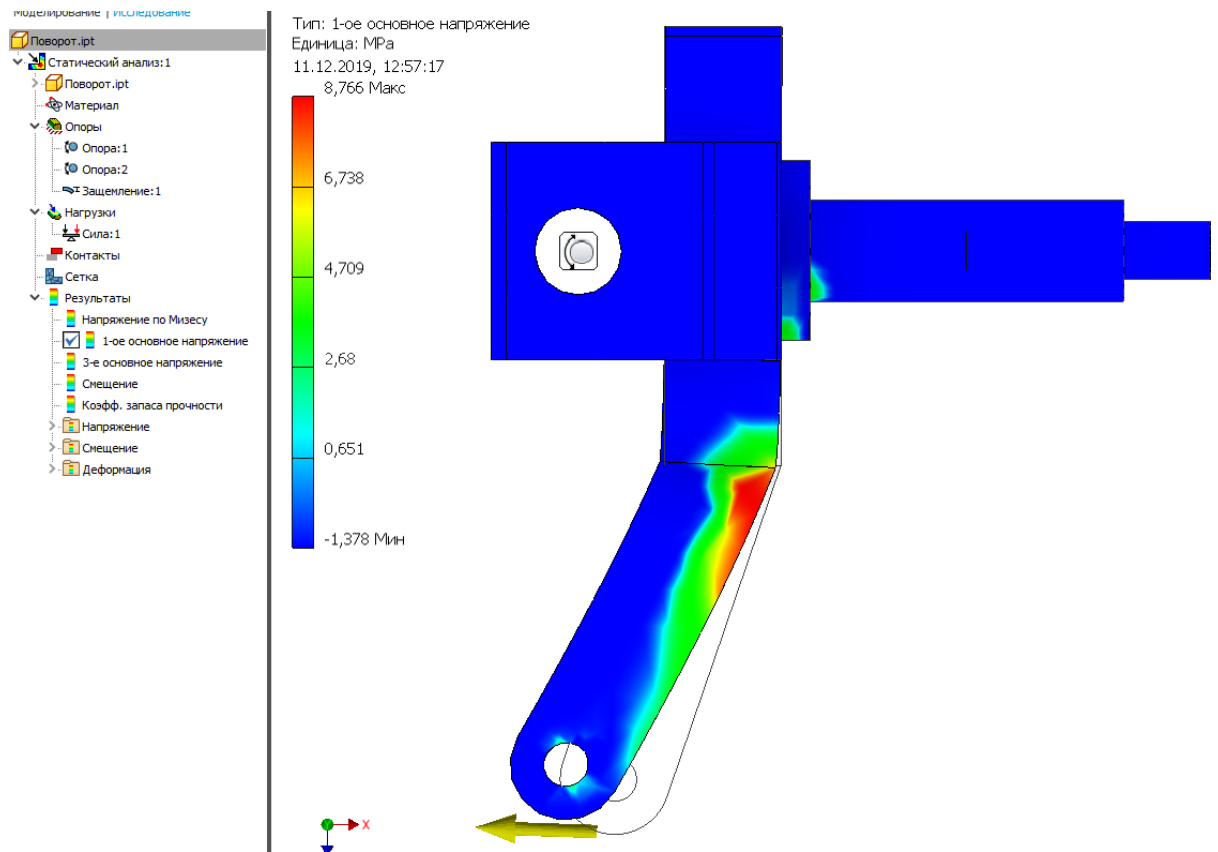


Рисунок 2.22 – Перше основне навантаження

З отриманих результатів аналізу можна зробити висновок, що не треба міняти ні матеріал, ні конструкцію рульової системи.

2.6 Оформлення конструкторської документації

Після були зроблені креслення по кожному елементу були створені креслення (Рис 2.23 – Рис. 2.26) та була створена специфікація по збірці (Дод. А)

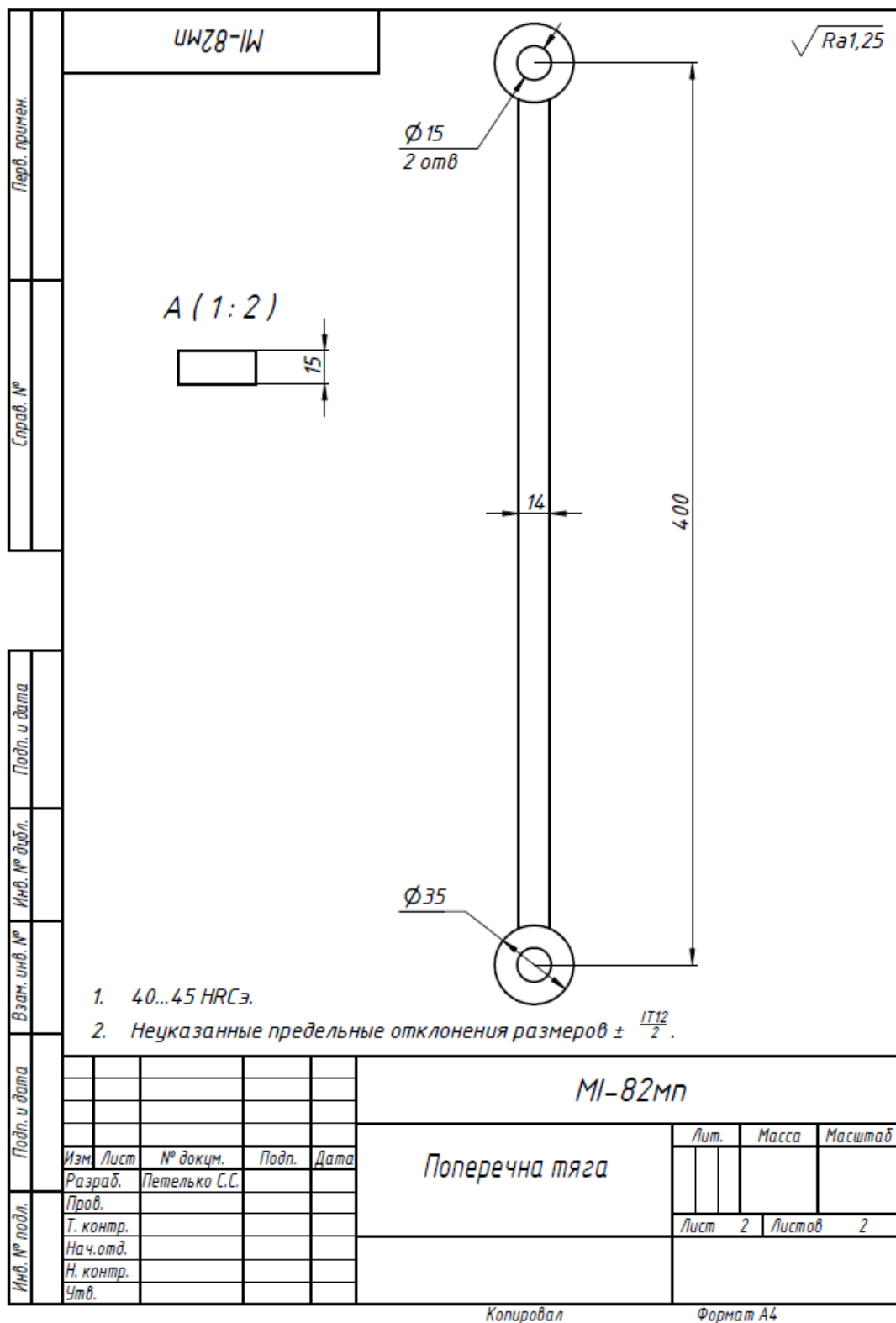


Рисунок 2.23 – Креслення поперечної тяги

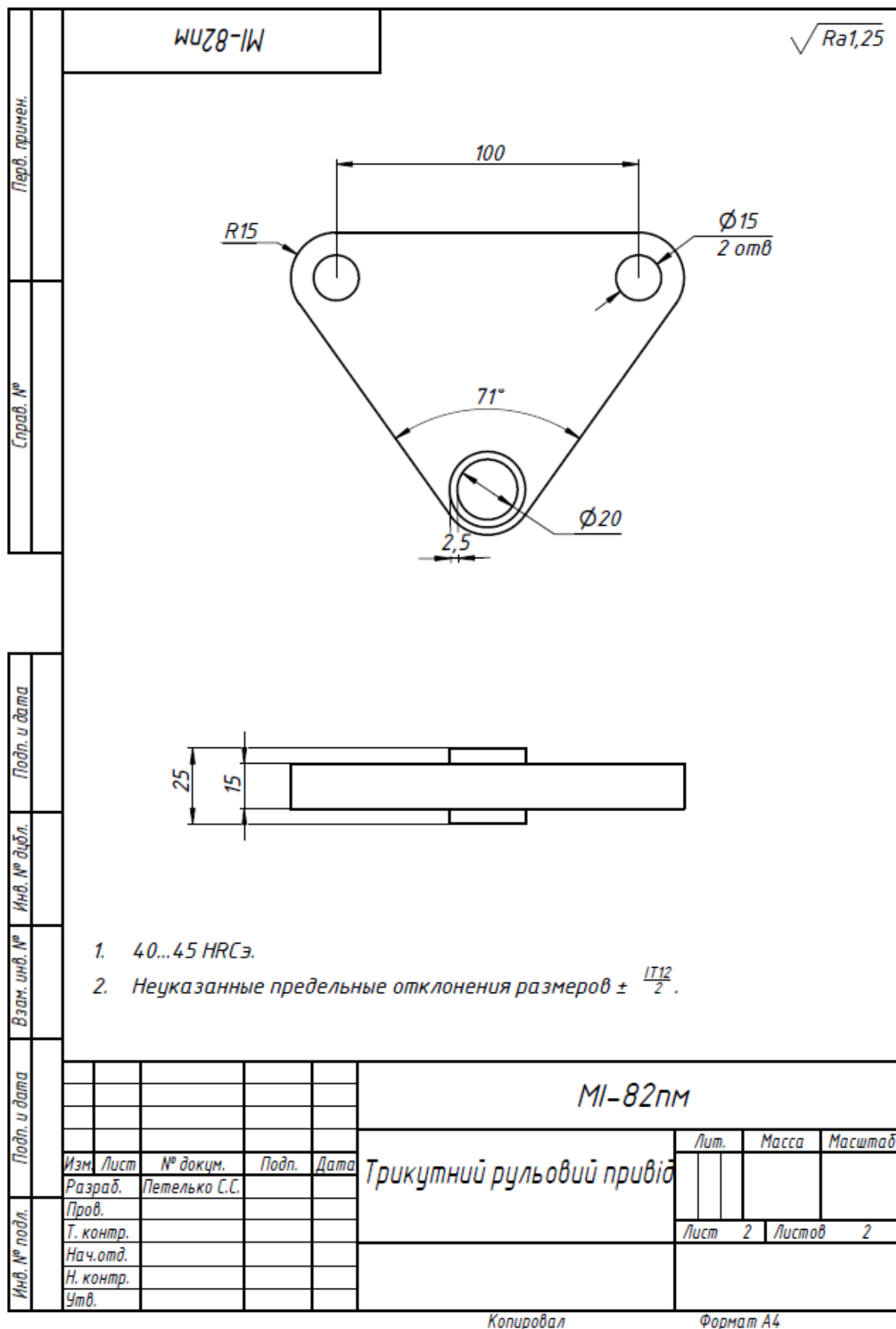


Рисунок 2.24 – Креслення рульового приводу

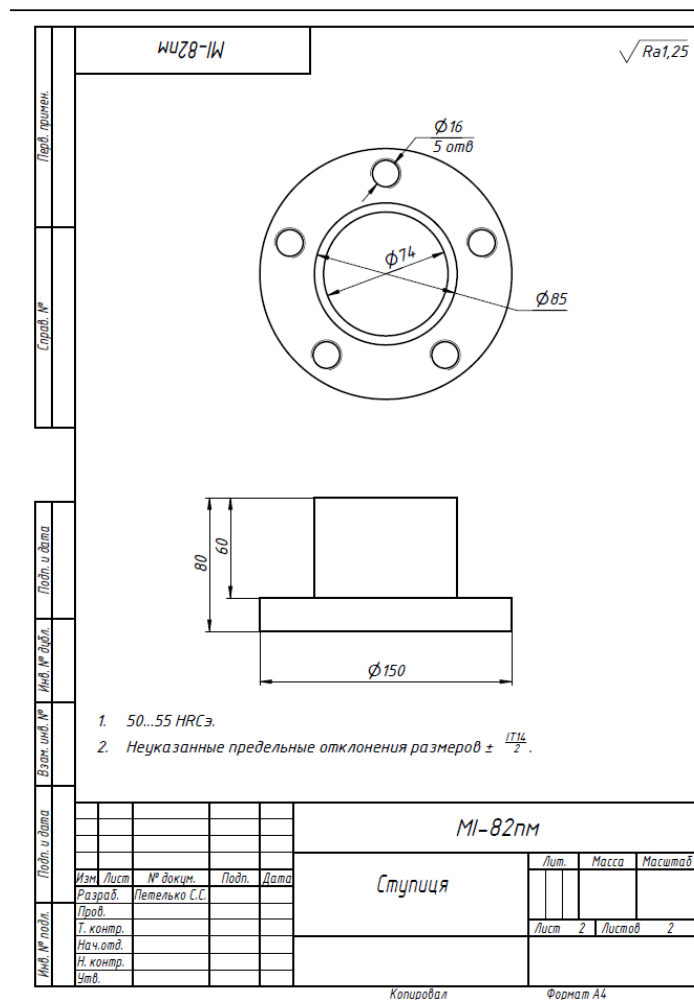


Рисунок 2.25 – Креслення ступиці

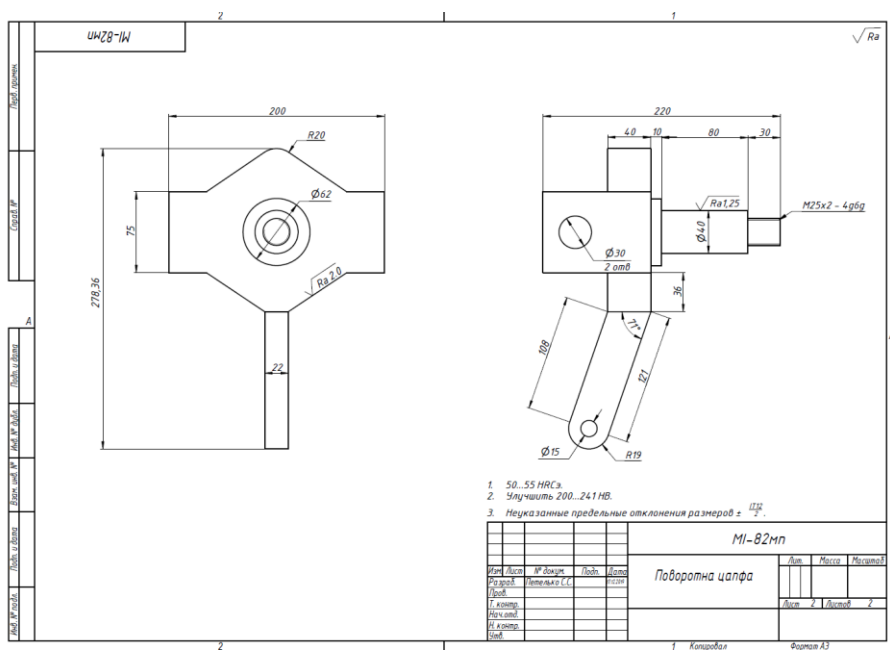


Рисунок 2.26 – Креслення поворотної цапфи

3 ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА ВИГОТОВЛЕННЯ РУЛЬОВОЇ СИСТЕМИ

3.1 Технологія виготовлення

При розробці рульового управління було вирішено, що поворотний кулак та ступиця будуть виготовлені шляхом лиття, а рульовий привід «трикутник» та поперечна тяга будуть виготовлятися на станках з ЧПК.

Таке рішення на рахунок поворотного кулака та ступиці було обрані з розрахунку на те, що якби дані елементи рульової системи будуть виготовлятися, наприклад, на станках з ЧПК, то велика кількість матеріалу була би просто витрачена в пусту через великий перепад діаметру в ступиці, та складність форми, а також її неоднорідність у поворотного кулака.

Форма для лиття поворотного кулака зображено на рисунку 3.1.

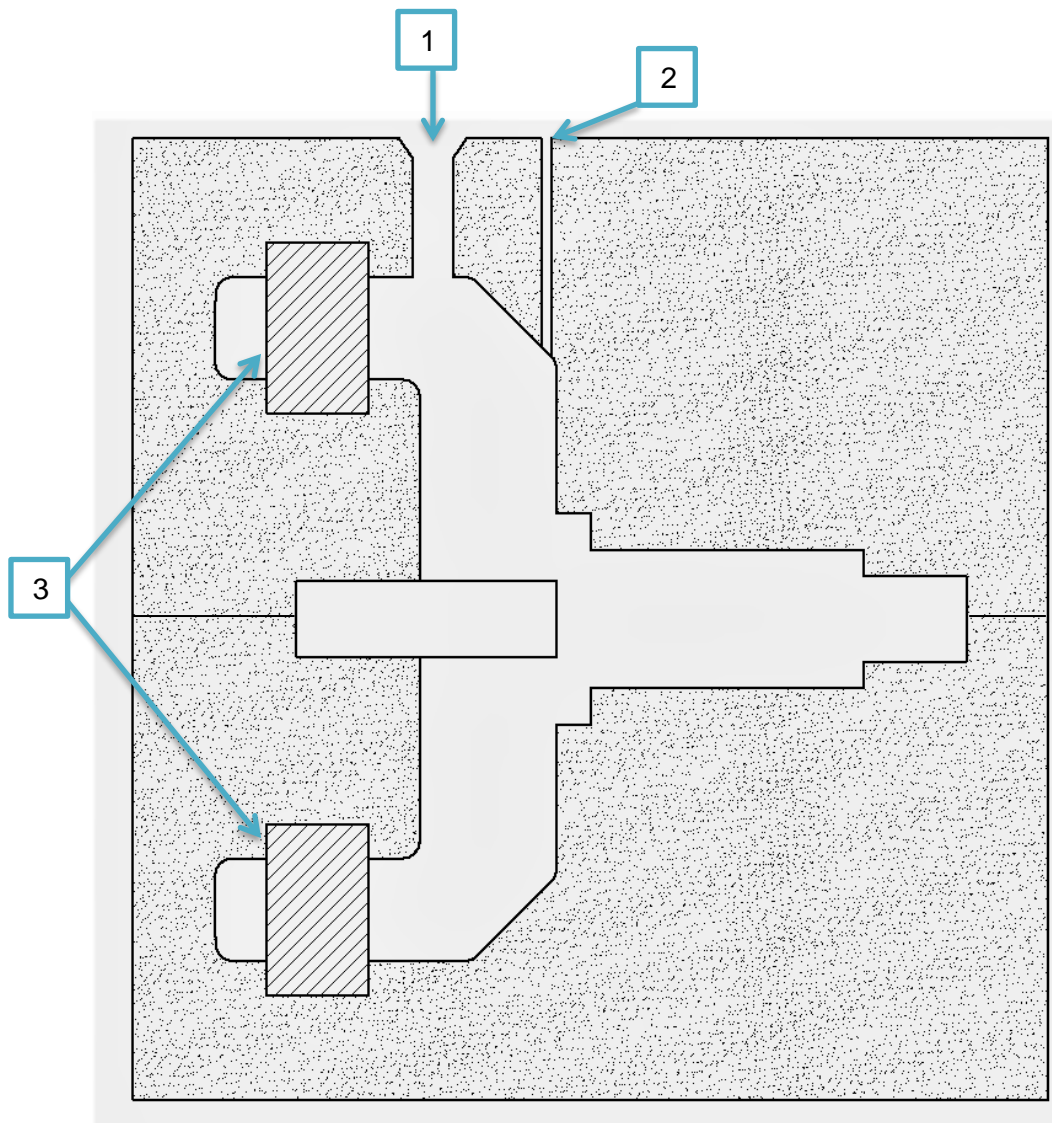


Рисунок 3.1 – Схема для відливу поворотного кулака

Під номером 1 на рисунку 3.1 розміщено ливньовий канал, під номером 2 канал вентиляції, 3 підпорки для отворів.

Через складну форму поворотного кулака при литті неможливо одразу отримати всі необхідні отвори потрібної якості, тому отвір, що знаходиться на важелі поворотної цапфи (Рис.3.2) буде утворений після усіх інших операцій.

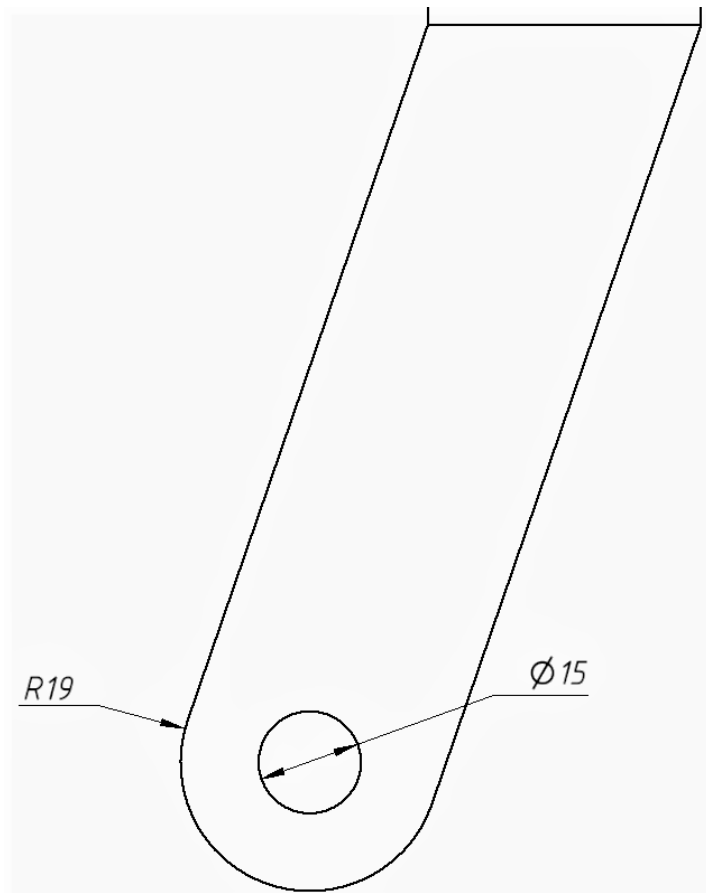


Рисунок 3.2 – Отвір під кріплення на важелі поворотної цапфи

Технологічний процес виготовлення поворотної цапфи має такий вигляд:

1. Заготівельна операція
2. Створення ливарної форми
3. Встановлення в ливарну форму підпорок під отвори
4. Лиття
5. Вилучення отриманої деталі із форми
6. Обрізання зайвого матеріалу після лиття
7. Утворення отвору під кріплення на важелі поворотної цапфи
8. Шліфування внутрішніх та зовнішніх поверхонь деталі
9. Нарізання різьби (Рис. 3.3, 1)
10. Покриття деталі захисним покриттям

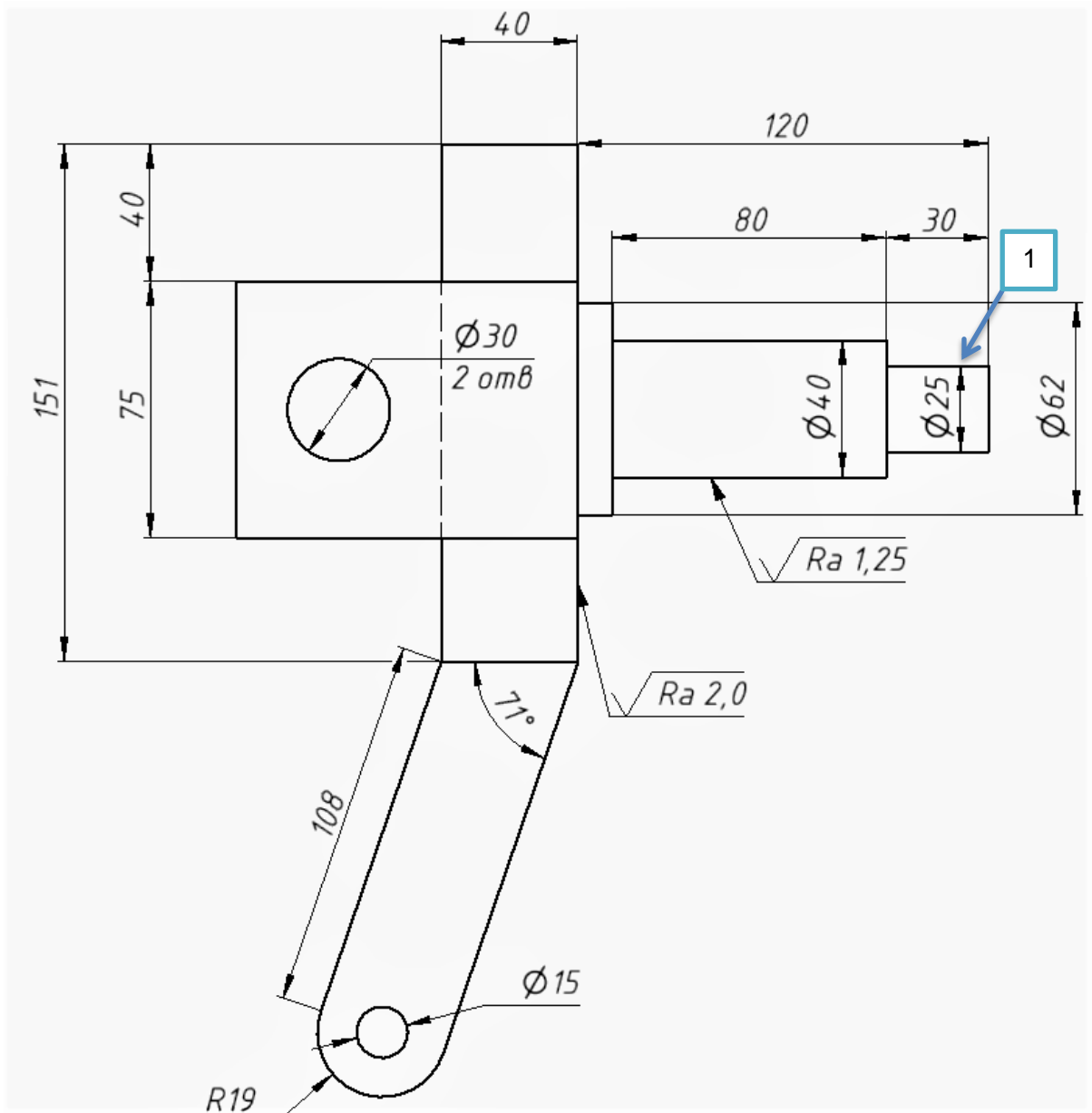


Рисунок 3.3 – Поворотна цапфа

Взагалі для виготовлення ступиці, можна використати два методи:

1. Лиття
2. Точіння на станку з ЧПК

Проте, як уже було сказано раніше, через великий перепад діаметрів, а саме зі 150 мм до 85 мм (Рис. 3.4), використання точіння на станку з ЧПК

недоцільно через кількість матеріалу, котра піде у відходи. Тому був обраний спосіб з литтям.

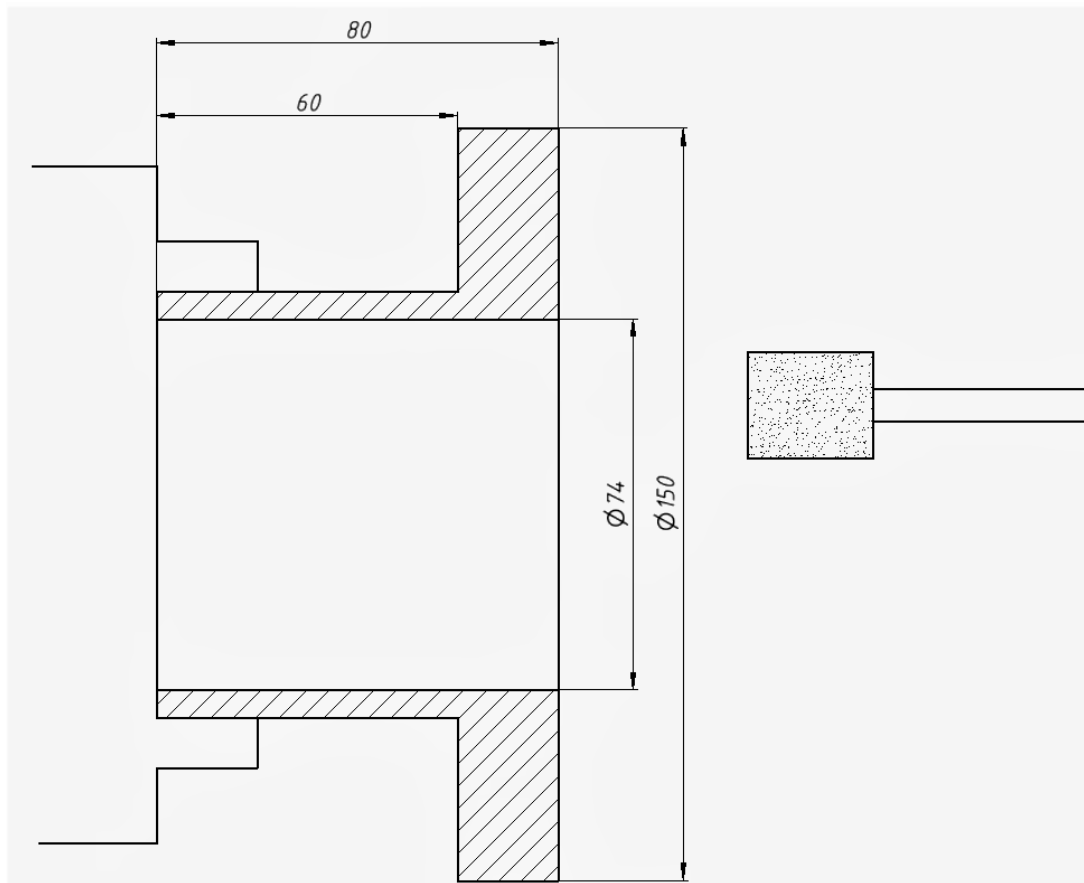


Рисунок 3.4 – Основні розміри ступиці

Технологічний процес виготовлення ступиці має такий вигляд:

1. Заготівельна операція
2. Створення ливарної форми
3. Встановлення в ливарну форму підпорки під отвір
4. Лиття
5. Вилучення отриманої деталі із форми
6. Обрізання зайвого матеріалу після лиття
7. Утворення отворів під кріплення
8. Шліфування внутрішніх та зовнішніх поверхонь деталі
10. Покриття деталі захисним покриттям

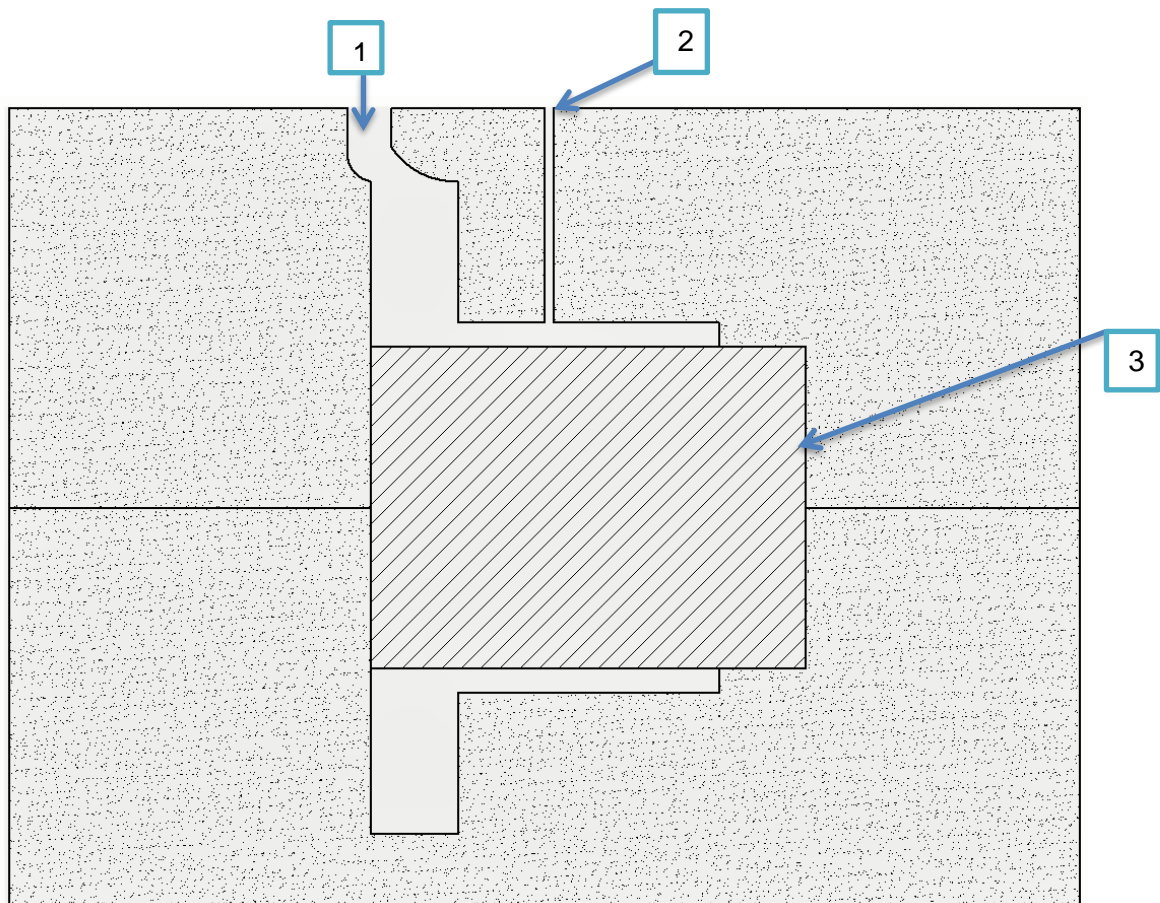


Рисунок 3.5 – Ливарна схема ступиці

Під номером 1 на рисунку 3.5 розміщено ливньовий канал, під номером 2 канал вентиляції, 3 підпорка для отвір.

Всі шліфувальні операції зовнішніх поверхонь будуть проводитися на безцентровому шліфувальному станку з ЧПК LMCL (Рис. 3.6)



Рисунок 3.6 – Безцентровий шліфувальний станок LMCL[19]

Для шліфування внутрішніх поверхонь був обраний станок внутрішньошліфувальний універсальний особливо високої точності 3K228A (Рис. 3.7).



Рисунок 3.7 – Станок внутрішньошліфувальний універсальний 3K228A [20]

Схема базування деталей при внутрішньому шліфуванні зображено на рисунку 3.8.

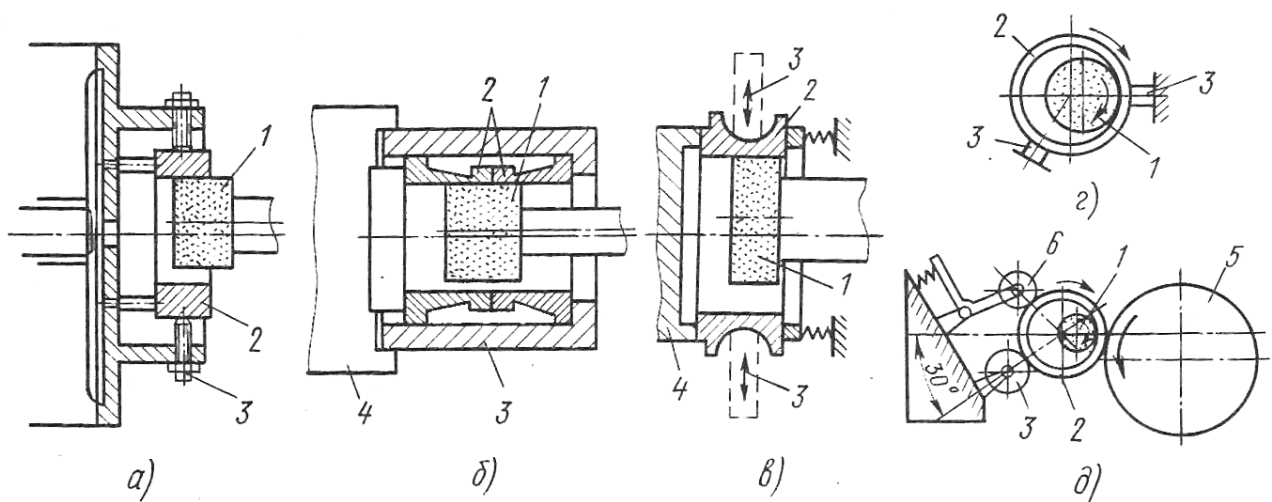


Рисунок 3.8 – Схема базування деталей при внутрішньому шліфуванні [21]

Де: 1 – шліфувальне коло; 2 – деталь, що обробляється; 3 – приладдя для затискання; 4 – корпус; 5 – ведучий ролик [21].

З конструкторських міркувань було вирішено, що всі отвори для кріплення будуть утворені вже після усіх основних операцій.

Усі отвори у ступиці та у поворотній цапфі будуть утворені на свердлильному верстаті Optimum OPTIdrill RB 8S (Рис. 3.9) із параметрами (Табл. 3.1) за допомогою свердла ступінчасте для металу YATO HSS-TiN 6-38 мм.(Рис. 3.10).



Рисунок 3.9 – Свердлильний верстат Optimum OPTIdrill RB 8S [22]

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики свердлильного верстата[22]

Ключові особливості	2 і більше швидкостей
Потужність	750 Вт
Максимальна швидкість обертання	3000 об/хв
Максимальний діаметр свердління в сталі	16 мм
Регулювання нахилу стола	$\pm 45^{\circ}$



Рисунок 3.10 – свердло ступінчасте для металу YATO HSS-TiN

Поперечні тяги, а також рульовий механізм «трикутник» будуть виготовлятися на станку токарно-револьверному з ЧПК HAAS ST – 10 (Рис.3.11).



Рисунок 3.11 – Станок з ЧПК HAAS ST-10 [23]

3.2 Складання

З'єднання між собою поперечних тяг, рульовий привід та поперечні тяги відбувається за рахунок гвинтових з'єднань (Рис 3.12).

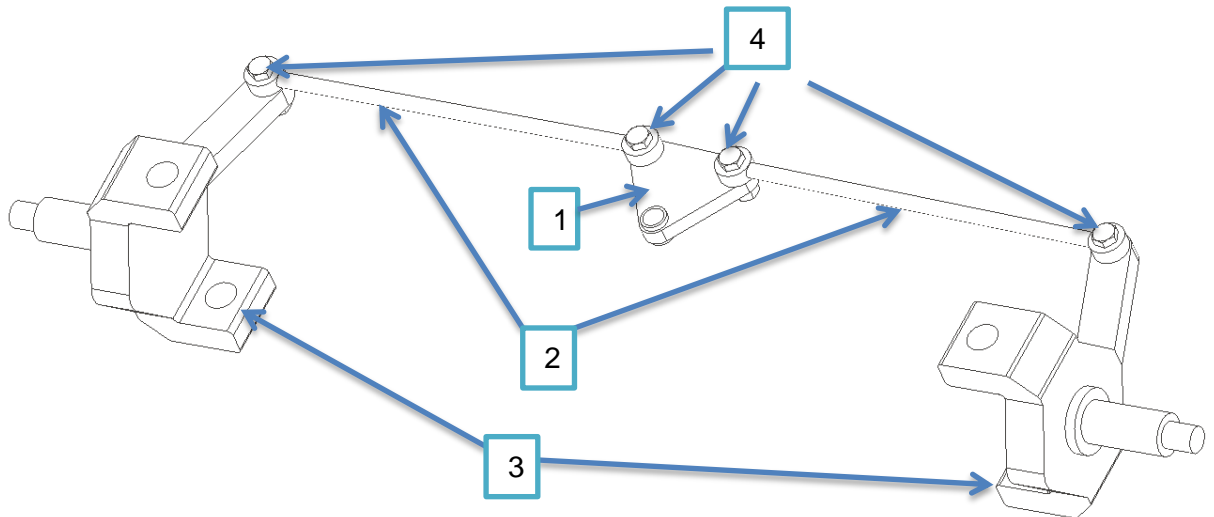


Рисунок 3.12 – Схема складання рульової трапеції

Складання відбувається від рульового приводу (Рис. 3.12, 1), до якого кріпляться дві поперечні тяги (Рис. 3.12, 2), до яких, в свою чергу, кріпляться поворотні цапфи (Рис. 3.12, 3), всі з'єднання відбуваються за рахунок гвинтів з гайками (Рис. 3.12,4)

При складанні використовуються гвинти ISO 8676 M14x1,5x50 у поєднанні з гайками ISO 8673 M14x1,5.

В роз'єданому вигляді поворотна цапфа, ступиця, два підшипника до ступиці і затяжний гвинт виглядають так (Рис. 3.13):

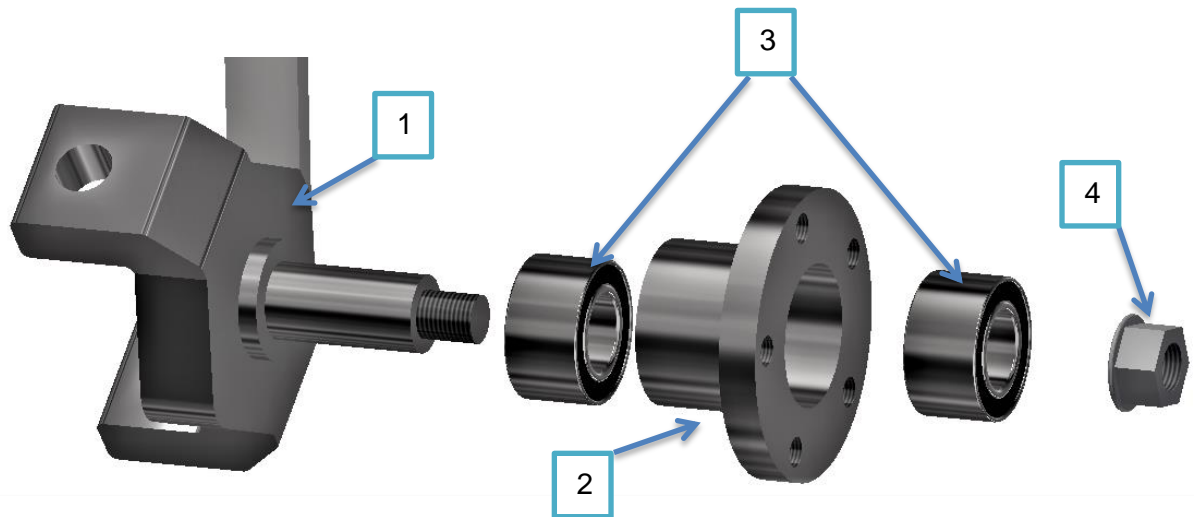


Рисунок 3.13 – Поворотна цапфа із ступицю та підшипниками.

Спочатку в ступицю (Рис. 3.13, 2) встановлюються з натягом підшипники (Рис. 3.13, 3), після чого дана конструкція встановлюється на шкворень поворотного кулака (Рис. 3.13, 1), після чого, це все фіксується гвинтом з буртиком (Рис. 3.13, 4)

Після всіх цих операцій на ступицю (Рис. 3.13, 2) кріпиться колесо за рахунок п'яти отворів під кріплення.

4 СТАРТАП-ПРОЕКТ

4.1 Опис ідеї проекту

Ідея – створити екологічно чистий транспортний засіб для людей з обмеженими можливостями на інвалідному візку. Електрична платформа «odi» буде забезпечувати мобільністю та маневреністю водія з обмеженими можливостями в межах міста. За рахунок малого запасу ходу час на перезарядку буде мінімальним, також платформа дозволить водіям отримати працевлаштування у сфері доставки та таксування. Перевагами продукту є : відносна легкість у виготовленні, мала габаритність та відсутність викидів вуглекислого газу у навколишнє середовище. Перевагами для користувача є: дешевизна у порівнянні з конкурентами, легкість у використанні та обслуговуванні.

Таблиця 4.1–Опис ідеї стартап проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Створення електричного транспортного засобу для людей з обмеженими можливостями.	1. Мобільний транспорт	Можливість дістатись до потрібного місця без допомоги.
	2. Працевлаштування	Можливість отримати працю у сфері доставки чи таксування.
		Енергоефективність
		Функціональність
		Відносна дешевизна

4.1.1 Аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї

До техніко-економічних переваг концепту платформи «odi» відносяться такі характеристики:

Дешевизна – забезпечується використанням оптимальних матеріалів по характеристиці ціна-якість та використанням оптимізованого процесу збірки транспортного засобу.

Легкість у використанні – прототип розрахований на повноцінне використання однією людиною з обмеженими можливостями без допомоги інших осіб.

Економічність у використанні – завдяки невеликій вазі рівень споживання електроенергії – менший ніж у електрокарів серійного виробництва.

Економічність у часі – завдяки оптимальному для міста запасу ходу перезарядка відбувається швидко.

Легкість у обслуговуванні – заміна стандартизованих для механіки компонентів дозволяє швидко та легко провести ремонт транспортного засобу.

На даний момент головні конкуренти це:

- Проект «KENGURU»

Малосерійне виробництво електрокарів Kenguru, що знаходиться у Техасі. Головним недоліком є висока вартість електрокару, яка становить достатню суму (в Україні) для купівлі та переобладнання звичайного автомобіля під людину з обмеженими можливостями на візку. Перевага – уже налаштоване та працююче виробництво, лояльні до людей з обмеженими можливостями закони Техасу.

- Проект «EQUAL»

Концепт що представлений великобританською фірмою «Absolute Design». Являє собою візуалізацію зовнішнього дизайну без інформації щодо характеристик автомобіля. Недолік – довге перебування проекту на рівні візуалізованих зображень. Перевага – професійне створення дизайну та ергономіки концепту.

- Модернізовані автомобілі

Звичний для всіх країн варіант вирішення проблеми – модифікація існуючих моделей авто для користування людьми з обмеженими можливостями на візку. Головні недоліки – машини що модернізуються були спроектовані для використання людьми без обмежених можливостей, повноцінне використання людьми на візку – складно реалізувати; вартість модернізації може становити половину вартості машини. Переваги – доступність у всіх країнах, можливість власного вибору авто та типу модернізації.

Порівняльний аналіз концепту платформи «odi», з представленими вище конкурентами, наглядно вказує на недоліки та переваги проекту та його конкурентоспроможність. До переваг можна віднести вартість та планування розробки платформи «odi». До недоліків – відсутність фінансування виробництва.

Результати порівняння представлено у табл.4.2.

Таблиця 4.2–Визначення характеристик ідеї проекту

№ п/п	Техніко-економічні характеристик и ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Наш проект	Конкурент 1	Конкурент 2	Конкурент 3			
1	Запас ходу, км	50	45	-	500	-	+	-
2	Вартість, \$	5 тис.	25 тис.	-	>20 тис.	-	-	+
3	Фінансування виробництва	Ні	Так	Ні	Так	+	-	-
4	Додаткові комплектації	Так	Ні	Ні	Так	-	-	+

4.2 Технічний аудит ідеї проекту

За допомогою проведення аудиту технологій, за допомогою яких проект набуває свої особливостей, можна визначитись з необхідними кроками для того щоб реалізувати ідею.

При створенні екологічно чистого транспортного засобу головною метою виступає зменшення викидів вуглекислого газу в навколишнє середовище. Зменшення викидів вуглекислого газу в атмосферу вирішується шляхом заміни двигуна внутрішнього згорання на електричний привід, а саме мотор колеса. Такі технології вже існують та доступні для реалізації.

При створенні економічного транспортного засобу головною задачею виступає зниження кількості дорогих деталей. Також, для покращення цієї складової, можна збільшити використання продукції вітчизняних виробників та знизити споживання приводом руху електроенергії. Проблема споживання електроенергії можна вирішити шляхом чіткого налаштування приводу руху та контролера. Така технологія наявна і доступна, але потребує доопрацювання.

При виготовленні ергономічного автомобіля для людей з обмеженими можливостями головною проблемою є недосконалість форм та конструкцій корпусних і функціональних деталей, що знижує привабливість продукту. Така проблема вирішується оптимізацією цих форм під середній показник потреб покупця в ергономіці автомобіля. Така технологія наявна та доступна, але потребує доопрацювання.

Таблиця 4.3 – Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1.	Зробити екологічний автомобіль	Заміна ДВЗ на електричний привід	Наявні	Доступні
2.	Зробити економічний автомобіль	Чітке налаштування приводу руху	Наявні, але необхідно модифікувати	Доступні
3.	Зробити ергономічний автомобіль	Оптимізація конструкцій та форм корпусних і функціональних деталей під зручність споживача	Наявні, але необхідно модифікувати	Доступні
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: усі три технології доступні та наявні на ринку				

4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап проекту

На теренах України з 1863 по 2018 роки існував та функціонував Запорізький автомобілебудівний завод «Комунар» [24], котрий виробляв ще з 1971 року спеціалізовані автомобілі для людей з різними обмеженнями можливостей. Останніми автомобілями, котрі будувалися для таких людей були Daewoo Lanos та Sens виготовлення яких закрили в 2018 році [25]. На даний момент в Україні можна тільки модифікувати свій автомобіль за допомогою маніпулятора шведського виробництва Carospeed [26], котрий одночасно виконує функції, як газу так і гальма. Ринок транспортних засобів для людей з обмеженими можливостями між собою ділять проекти «KENGURU» та «EQUAL», а також модифіковані під такі автомобілі. Знайти точну інформацію на рахунок загального обсягу продажу транспортних засобів для людей з обмеженими можливостями, як в Європі, так і у світі на жаль не є можливим, та і статистики на рахунок вироблених машин відсутній. За попередніми підрахунками, потенційний обсяг продажу складатиме приблизно 420 млн. \$ у Європі. Так, як на ринок досі не вийшли автомобільні гіганти, а також те, що на подібні транспортні засоби є попит, хоч і не великий, можна зробити висновок, що даний ринок стагне. Основними обмеженнями виходу на ринок являються вимоги до транспортних засобів на дорогах громадського використання відповідно до ПДД Україна та МСТО, а також початковий капітал для старту виробництва. За попередніми розрахунками середня норма рентабельності складатиме 25%.

Таблиця 4.4 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	3
2	Загальний обсяг продаж, \$	Потенційний обсяг \approx 420 млн. \$
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Стогує
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Єдині вимоги до конструкції, технічного стану колісних транспортних засобів, що експлуатуються на дорогах загального користування та капітал для запуску виробництва
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Вимоги до транспортних засобів на дорогах громадського використання відповідно до ПДД Україна та МСТО
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	25%

4.3.1 Потенційні групи клієнтів

Єдиною потенційною групою клієнтів є люди з проблемами функціонування нижньої частини тіла. Проте дана група розділяється в потребах, а саме: люди, котрі хочуть відчувати свободу руху; люди, котрим ніхто не може з'їздити за покупками в магазин; люди, котрим важлива зручність пересування по місту; люди, котрі хочуть повернути собі можливість водити, або ті, хто завжди про це мріяв. Цей проект, також надає можливість заробляти гроші працюючи кур'єром, а в майбутньому, з наступними модифікаціями, і таксувати 1 – 2 людей.

Одним із головних аспектів цього проекту є його економічність, а саме його вартість та витрати на кілометр руху.

Таблиця 4.5 – Характеристика потенційних клієнтів стартап – проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Зручність	Люди з обмеженими можливостями рухового апарату нижньої частини тіла	Проблеми з пересуванням за рахунок перебування у інвалідному візку	Якість, гарантія, дешевизна, малі габарити
2	Мобільність			
3	Бажання незалежності			
4	Заробіток		Бажання заробляти гроші	
5	Повернути можливість або втілити в життя мрію керувати т.з.		Бажання мати можливість керувати т.з. самостійно	
6	Економічність		Різність у сприйнятті економічних показників як ефективних	Мале використання енергії та дешевизна самого виробу

4.3.2 Аналіз ринкового середовища

Грунтуючись на аналізі вже існуючого ринку попиту і пропозиції, а також специфіці групи населення, на які націлений даний проект, можна виділити основні фактори загроз, суть цих загроз та можливі вирішення цих проблем.

Таблиця 4.6–Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Відомість торгової марки підприємства	Нікому невідома фірма котра продає дуже дешеві транспортні засоби для людей з обмеженими можливостями	Створення партнерських відносин з різноманітними фондами, що підтримують людей з обмеженими можливостями
2	Якість продукції	Низька ціна на т.з. може викликати недовіру до нього	Проведення безкоштовних тест драйвів та надання т.з. в безкоштовне використання на тиждень
3	Гарантія на продукцію	На скільки дорого буде обходитися обслуговування т.з.	Безкоштовне обслуговування т.з. протягом 1-2 років.

Так, як ринок не дуже завантажений конкурентами основними факторами можливостей цього проекту є:

- Відсутність територіального ринку
- Вихід на міжнародний ринок
- Перспектива розвитку проекту

Таблиця 4.7 – Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Відсутність територіального ринку	Створення монополії в даній ніші ринку за рахунок відсутності прямих конкурентів на території України	Швидкий розвиток виробництва, партнерські відносини з фондами, реклама
2	Міжнародний ринок	Можливість виходу на міжнародний ринок	Міжнародна сертифікація, співпраця з міжнародними фондами та організаціями, розширення виробництва, знаходження нових інвесторів

Продовження табл.4.7

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
3	Розвитку	Можливість розвивати виробництво, вдосконалювати т.з., створювати нові моделі, розвивати виробництво в інших напрямках	Вихід на міжнародний ринок, закріплення на ньому, розширення виробництва, нові партнерські відносини та спонсори.

4.3.3 Аналіз пропозиції

На території України відсутнє масове виробництво транспортних засобів для людей з обмеженими можливостями, а також засобів для переобладнання автомобілів. Через це, на національному ринку буде майже абсолютна монополія, що дасть в майбутньому чудове підґрунтя для виходу на міжнародний ринок. Основна конкуренція з'явиться вже при виході на міжнародний ринок. Одна із основ проекту являється його низька вартість, що буде достатньо вагомим аргументом при виході на міжнародний ринок.

Таблиця 4.8 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Вказати тип конкуренції: монополія/олігополія/ монополістична	Монополія	На національному ринку відсутні прямі конкуренти тому можна буде просто розвивати виробництво до появи на ринку міжнародних конкурентів
2. За рівнем конкурентної боротьби: локальний/національний/	Національна, а потім міжнародний	Закріпитися на національному ринку після чого почати створення відносин з міжнародними фондами та організаціями для виходу на міжнародний ринок

Продовження табл.4.8

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
3. За галузевою ознакою міжгалузева/ внутрішньогалузева	Міжгалузева	Низька вартість продукція та підтримка реалізованого товару
4. Конкуренція за видами товарів: товарно-родова товарно-видова між бажаннями	Товарно-видова	
5. За характером конкурентних переваг: цінова / нецінова	Цінова	
6. За інтенсивністю: марочна/не марочна	Не марочна	Молодий ринок та відсутність великих компаній

4.3.4 Аналіз умов конкуренції в галузі

При більш поглибленому аналізі можливої пропозиції, а також інформації на рахунок основних конкурентів, як прямих, так і потенційних, складаємо аналіз конкуренції в галузі за М. Портером.

Таблиця 4.9 – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
Складові аналізу	Проект «KENGURU» Проект «EQUAL» Модернізовані автомобілі	Великі компанії авто-та мото-виробники	-Перевірена марка або компанія; -Гарантія якості продукту, диференціація витрат, змінні витрати постачальників, значення розміру поставок для постачальників	Диференціація витрат, змінні витрати постачальників, концентрація постачальників, значення розміру поставок для постачальників	Лояльність споживачів, ціни, змінні витрати
Висновки	Відсутня конкурента боротьба проте вже існують готові до покупки товари лише на міжнародному ринку	Є можливість виходу великих компаній виробників на ринок за рахунок наявності в них готових потужностей для запуску виробництва	Постачальники диктують умови роботи на ринку. Умови якості виготовлення продукту, його ціну та дизайн	Клієнти також диктують умови роботи на ринку. Ціна, комфорт	- Недовіра клієнтів до нових технологій - Недостатня ознайомленість з маркою та компанією

4.3.5 Перелік факторів конкурентоспроможності

Основними факторами конкурентоспроможності на ринку являються:

- Ціна
- Додаткові комплектації
- Економічність
- Екологічність

Таблиця 4.10–Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Ціна	Вартість транспортного засобу складатиме приблизно 5 тис. \$, що в 4-5 раз нижче за ціну вже існуючих конкурентів
2	Додаткові комплектації	Можливість доукомплектовувати транспортний засіб по бажанню замовника
3	Економічність	Низька вартість проїханого кілометра за рахунок електродвигунів
4	Екологічність	Відсутність викидів CO ₂ у повітря за рахунок електродвигуна

4.3.6 Аналіз сильних та слабких сторін

Після оцінки основних факторів конкурентоспроможності проекту та технологічних особливостей конкурентів робимо порівняльний аналіз сильних та слабких сторін між «odі» та основними конкурентами.

Таблиця 4.11.1 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін модернізованими автомобілями

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Рейтинг товару-конкурента у порівнянні з модернізованими автомобілями						
		-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Ціна		+					
2	Додаткові комплектації						+	
3	Економічність		+					
4	Екологічність		+					

Таблиця 4.11.2 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін «KENGURU»

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Рейтинг товару-конкурента у порівнянні з «KENGURU»						
		-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Ціна		+					
2	Додаткові комплектації	+						
3	Економічність				+			
4	Екологічність				+			

Таблиця 4.11.3 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін «EQUAL»

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Рейтинг товару-конкурента у порівнянні з «EQUAL»						
		-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Ціна	+						
2	Додаткові комплектації	+						
3	Економічність				+			
4	Екологічність				+			

4.3.7 SWOT-аналіз стартап-проекту

Після порівняння сильних та слабких сторін проекту, проводимо SWOT-аналіз.

Таблиця 4.12–SWOT - аналіз стартап-проекту

Сильні сторони	Слабкі сторони
<ul style="list-style-type: none"> - Економічність - Екологічність - Ціна - Додаткові комплектації 	<ul style="list-style-type: none"> - Відсутність виробництва - Енерго- та капіталоємність - Одномісний - Відносно малий запас ходу

Можливості	Загрози
<ul style="list-style-type: none"> - Виходу на міжнародний ринок - Удосконалення транспортного засобу - Розширення виробництва в інші напрями - Створення відносин з міжнародними організаціями 	<ul style="list-style-type: none"> - Великі автовиробники - Якість перших зразків - Вузьконаправленість виробництва - Відсутність фінансування

4.3.8 Альтернативи ринкової поведінки

На основі SWOT-аналізу розроблено альтернативи ринкової поведінки для виведення стартап-проекту на ринок та орієнтовний оптимальний час їх ринкової реалізації з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок. Визначені альтернативи проаналізовані з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів.

Таблиця 4.13 – Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1.	Олігополія	Просто та ймовірно	Короткі

4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

4.4.1 Визначення стратегії та охоплення ринку

Через вузьконаправленність проекту є лише одна цільова група потенційних клієнтів – люди з обмеженими можливостями тому буде використовуватися концентрований маркетинг.

Таблиця 4.14 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1.	Основними клієнтами являються люди з обмеженими можливостями рухового апарату нижньої частини тіла в котрих на теренах України невелика фінансова підтримка зі сторони держави	Повна готовність сприймати продукт	Попит буде, через відсутність дешевих, повноцінних варіантів «купив – поїхав»	Кількість конкурентів на даний момент статична	Вихід у сегмент проста

4.4.2 Формування базової стратегії розвитку

Базовою стратегією розвитку була вибрана стратегія диференціації, оскільки в даному проекті команда надає транспортному засобу можливість різноманітних комплектацій, найнижча ціна на ринку у порівнянні з прямими конкурентами, а також його економічність.

Таблиця 4.15 – Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
1	Різноманітних комплектацій, низька ціна, економічність	Ринкове позиціонування	Найнижча ціна т.з. порівняно з прямими конкурентами, можливість персоналізації т.з., низька вартість кілометра дороги.	Стратегія диференціації

4.4.3 Вибір стратегії конкурентної поведінки

Через те, що ніша досить прибуткова, в перспективі, залишається стабільною впродовж довгого часу і не дуже приваблива для великих компаній через свою вузько направленість, а також специфіку споживацької групи була обрана стратегія заняття конкурентної ніші.

Таблиця 4.16 – Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопроходьцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки
1	Проект не є «першопроходьцем»	Компанія буде залучати нових споживачів, а також забирати існуючих у конкурентів	Ні, компанія не буде копіювати характеристики конкурентів	Заняття конкурентної ніші

4.4.4 Стратегія позиціонування

На основі вимог споживачів з обраних сегментів до постачальника та до продукту, а також в залежності від обраної базової стратегії розвитку та стратегії конкурентної поведінки розробляємо стратегія позиціонування, що полягає у формуванні ринкової позиції, за яким споживачі мають ідентифікувати торгівельну марку.

Таблиця 4.17 – Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	Зручність	Стратегія диференціації	Ергономічність та відносно малі габарити	
2	Економічність	Стратегія спеціалізації	Мінімальні витрати на пальне	
3	Ціна	Стратегія диференціації	Найнижча ціна на ринку прямих конкурентів	
4	Екологічність	Стратегія спеціалізації	Зменшення викидів CO ₂ у повітря	

4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

4.5.1 Формування маркетингової концепції товару

В цій таблиці формуємо першочергові потреби та вигоди товару. Основною потребою є створення екологічного, компактного, дешевого, зручного та економічного транспортного засобу.

Таблиця 4.18 – Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Екологічний транспорт	Відсутність викидів	Техніко- експлуатаційні характеристики
2	Компактний транспорт	Компактність	
3	Зручний транспорт	Ергономіка	
4	Дешевий транспорт	Дешевизна товару і експлуатації	Економічні характеристики
5	Економічний транспорт	Дешевизна кілометру	

4.5.2 Трирівнева маркетингова модель товару

Основна ідея проекту у створені економічного, екологічного, доступного та ергономічного транспортного засобу для людей з обмеженими можливостями нижньої частини тіла.

Таблиця 4.19 – Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
1.Товар за задумом	Потенційні споживачі потребують, доступний, економічний, ергономічний, якісний та екологічний транспортний засіб.		
2.Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх/Тл/Е/Ор
	1. Доступність	М	Тл/Ор
	2. Ергономічність	Нм	Тл/Ор
	3. Економічність	М	Тл/Ор
	4. Транспортабельність	Нм	Тл/Ор
	5. Екологічність	Нм	Тл/Ор
	Якість: Вимоги до транспортних засобів на дорогах громадського використання відповідно до ПДД Україна та МСТО		
	Пакується у дерев'яний ящик з пінопластом всередині та фіксується мотузками прикріплених до стінок ящику.		
	Марка: Маркою та назвою продукту одночасно являється назва «odi»		
3.Товар із підкріпленням	До продажу - підкріплюється гарантією на 12 місяців Після продажу - обслуговується по гарантії на протязі 12 місяців		
Потенційний товар буде захищено від копіювання за рахунок патентів на корисну модель, назву, на окремі вузли транспортного засобу, емблему.			

4.5.3 Визначення цінових меж

Цінові межі вартості товару складають приблизно 4 500\$ - 6 000\$, що врази дешевше від товарів аналогів, але дорожче за товари замітники.

Таблиця 4.20 – Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари замітники	Рівень цін на товари аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1.	Товари замітники дешевше, проте для їх використання потрібен автомобіль	Ціни в 4 - 5 разів вище	Рентабельність приблизно 25%	Ціна на товар: мінімальна – 4 500\$; максимальна – 6 000\$

4.5.4 Визначення оптимальної системи збуту

При реалізації товару необхідні будуть посередники безпосередньо для продажу готової продукції. Також розповсюдження товару можна проводити за рахунок презентації його на виставках, а також представляючи його благодійним організаціям, за рахунок чого підніметься впізнаваність продукту. Основними точками збуту будуть: Інтернет - портали, невеликі салони, також можливий збут через вже відомі магазини (салони).

Таблиця 4.21 – Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1.	Низька мобільність цільових клієнтів	Транспортування, зберігання, рекламування, можливість тест-драйву	Ринок збуту на великій території	Багатоканальний розподіл

4.5.5 Розроблення концепції маркетингових комунікацій

Для рекламування товару, готовий прототип буде презентуватися на виставках: стартап проектів, зеленої енергетики, автомобільної промисловості, принад для людей з обмеженими можливостями. Також будуть спроби налагодити відносини з різноманітними благодійними фондами та організаціями для представлення продукту цільовій аудиторії.

Таблиця 4.22–Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1.	Низька мобільність цільових клієнтів, недовіра до невідомих компаній	Інтернет – портали, соціальні мережі, телебачення, радіо	Інформування	Проінформувати людей про існування продукту	На початку реклама тільки через Інтернет, в подальшому реклама буде на телебаченні та радіо

Ринкова маркетингова програма товару:

Товар буде позиціонуватися, як доступний, екологічний та економічний транспортний засіб, котрий націлений на полегшення життя людей з вадами рухового апарату нижньої частини тіла.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. BraunAbility® MXV Wheelchair Accessible SUV [Електронний ресурс]. [Веб-сайт]. Режим доступу до ресурсу: <https://www.braunability.com/us/en/mobility-products/wheelchair-suv.html> (дата звернення 06.10.2019) – Назва з екрана.
2. FORD TRANSIT CONNECT Owner's Manual [Електронний ресурс]. [Веб-сайт]. Режим доступу до ресурсу: http://www.fordservicecontent.com/Ford_Content/catalog/owner_guides/EN_USA_CG3587_Transit_og_201307.pdf (дата звернення 06.10.2019) – Назва з екрана.
3. HERO STAND UP model. User manual [Електронний ресурс]. [Веб-сайт]. Режим доступу до ресурсу: https://viteacare.com/pl/produkty/wozki-elektryczne/item/download/13_1a03314a166c7880fec80190dd02578b (дата звернення 06.10.2019) – Назва з екрана.
4. Tek RMD (Robotic Mobilization Device) [Електронний ресурс]. [Веб-сайт]. Режим доступу до ресурсу: <https://www.matiarobotics.com/> (дата звернення 06.10.2019) – Назва з екрана.
5. Паспорт изделия UNAwheel V.1 [Електронний ресурс]. [Веб-сайт]. Режим доступу до ресурсу: http://unawheel.ru/images/catalog/soles/docs/Pasport_UNAwheel_V1.pdf (дата звернення 06.10.2019) – Назва з екрана.
6. The Huka Pendel: a unique scooter for wheelchair users [Електронний ресурс]. [Веб-сайт]. Режим доступу до ресурсу: <https://www.huka.nl/en/product/pendel/> (дата звернення 06.10.2019) – Назва з екрана.
7. Kenguru, world's first drive-from-wheelchair electric car [Електронний ресурс]. [Веб-сайт]. Режим доступу до ресурсу:

- <https://www.startupselfie.net/2018/05/04/kenguru-worlds-first-drive-from-wheelchair-electric-car/> (дата звернення 06.10.2019) – Назва з екрана.
8. EQUAL – Car For Disabled People [Електронний ресурс]. [Веб-сайт]. Режим доступу до ресурсу: <http://www.snupdesign.com/equal-car-for-disabled-people-2229/> (дата звернення 06.10.2019) – Назва з екрана.
9. Нарбут А. Н. АВТОМОБИЛИ РАБОЧИЕ ПРОЦЕССЫ И РАСЧЕТ МЕХАНИЗМОВ И СИСТЕМ / А. Н. Нарбут. – Москва: Издательский центр "Академия", 2007. – 254 с.
10. Осепчугов В. В. Автомобиль. Анализ конструкций, элементы расчета / В. В. Осепчугов, А. К. Фрумкин. – Москва: "Машиностроение", 1989. – 304 с.
11. Принцип Аккермана в рулевом управлении [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://www.rc-auto.ru/articles_tuning/id/445/.
12. EV Volumes [Електронний ресурс]. [Веб-сайт]. Режим доступу до ресурсу: <http://www.ev-volumes.com/country/total-world-plug-in-vehicle-volumes/> (дата звернення 27.10.2019) – Назва з екрана.
13. Рейтинг стран по качеству дорог [Електронний ресурс]. [Веб-сайт]. Режим доступу до ресурсу: <https://nonews.co/directory/lists/countries/quality-roads> (дата звернення 27.10.2019) – Назва з екрана.
14. СП 35-101-2001 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ С УЧЕТОМ ДОСТУПНОСТИ ДЛЯ МАЛОМОБИЛЬНЫХ ГРУПП НАСЕЛЕНИЯ. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ
15. РУЛЕВОЕ УПРАВЛЕНИЕ АВТОМОБИЛЯ – Саратов, 2010. – 28 с.
16. Подшипник ступицы POLARIS RZR 570 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://moto-hobby.ru/ekipirovka-zapchasti/id/6121.html>.
17. Расчетно-графическая работа [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://docplayer.ru/62795840-Proizvesti-raschet-povorotnoy->

capfy-opredelit-napryazhenie-osi-kolesa-na-izgib-udelnoe-davlenie-mezhdu-vilkoy-i-shkvornem-v-verhney-i-nizhney.html.

18. Характеристика материала 30X [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: http://www.splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=31.
19. Бесцентровый шлифовальный станок LMCL [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://prom.ua/ua/p1074819045-bestsentrovyj-shlifovalnyj-standok.html>.
20. 3K228A станок внутришлифовальный универсальный особо высокой точности [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: http://stanki-katalog.ru/sprav_3k228a.htm.
21. ОСОБЕННОСТИ ВНУТРЕННЕГО ШЛИФОВАНИЯ [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: http://metallicheckiy-portal.ru/articles/obrabotka/shlifovka_i_polirovka/vnutrishlifovalnie_stanki/
22. Свердильный верстат Optimum OPTIdrill RB 8S [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: https://rozetka.com.ua/ua/optimum_3009181/p24325427/.
23. Токарно-револьверный обрабатывающий центр Haas ST-10 [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.abamet.ru/catalog/metallorazhreshenie/tokarnye-chpu/tokarno-revolvernaya-haas-st-10/>
24. Запорожский автомобилестроительный завод [Электронный ресурс]. [Веб-сайт]. Режим доступа до ресурсу: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BF%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B6%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B1%D0%B8%D0%BB%D0%B5%D1%81%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B7%D0%

[В0%D0%B2%D0%BE%D0%B4](#) (дата звернення 06.10.2019) – Назва з екрана.

25.3А3 будет выпускать вместо Славуты автомобили для инвалидов [Електронний ресурс]. [Веб-сайт]. Режим доступа до ресурсу: <https://focus.ua/lifestyle/174845> (дата звернення 06.10.2019) – Назва з екрана.

26.Carospeed® Classic [Електронний ресурс]. [Веб-сайт]. Режим доступа до ресурсу: <https://www.braunability.eu/en/products/driving-aids/carospeed-classic/> (дата звернення 06.10.2019) – Назва з екрана.